ISSN 0181-1576

CRYPTOGAMIE

BRYOLOGIE LICHÉNOLOGIE

TOME 6 Fascicule 4 1985





LABORATOIRE DE CRYPTOGAMIE
MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE
12 RUE DE BUFFON, 75005 PARIS

'UBLICATION TRIMESTRIELLE SUBVENTIONNÉE PAR LE CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

CRYPTOGAMIE
BRYOLOGIE-LICHÉNOLOGIE

ANCIENNE REVUE BRYOLOGIQUE ET LICHÉNOLOGIQUE

Fondée par T. HUSNOT en 1874
Directeur : Mme S. JOVET-AST
Rédaction : Mme H. BISCHLER, M. D. LAMY
Éditeur : A.D.A.C.

MANUSCRITS

Les instructions aux auteurs sont disponibles sur demande auprès de la Rédaction. Les auteurs sont priés d'adresser leurs manuscrits (en double exemplaire) à la Rédaction de CRYPTOGAMIE, Bryologie et Lichénologie, Laboratoire de Cryptogamie, 12 rue Buffon, 75005 Paris.

Les tirages à part et les planches photographiques sont à la charge des auteurs.

ABONNEMENTS ANNUELS

Prix de l'abonnement 1986 : France . . . 280 F - Étranger . . . 320 F

Prière de bien vouloir envoyer le montant par chèque bancaire ou par chèque postal libellé à l'ordre de : CRYPTOGAMIE Bryologie et Lichénologie, et adressé à :

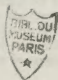
CRYPTOGAMIE Bryologie et Lichénologie
Laboratoire de Cryptogamie
12, rue Buffon, 75005 Paris.
C.C.C. PARIS n° 4.481 - 43 T

CRYPTOGAMIE, Bryologie - Lichénologie est indexé par *Biological Abstracts, Chemical Abstracts, Bulletin signalétique du CNRS.*

CRYPTOGAMIE

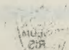
BRYOLOGIE
LICHÉNOLOGIE

TOME 6 Fascicule 4 1985



Ouvrage publié avec le concours du Centre National de la Recherche Scientifique





Cryptogamie, Bryol. Lichénol. 1985, 6, 4 : 315-341

MONOGRAPHIE DER GATTUNG *ATRACTYLOCARPUS* MITT. (DICRANACEAE)

M. PADBERG und J.-P. FRAHM *

SUMMARY. – Of the 19 species included in the genera *Atractylocarpus, Metzleria* and *Metzlerella* 9 species are accepted. These are included in a key, described and illustrated and their distribution is mapped on a world-wide basis. Nine species are regarded as conspecific with other species of *Atractylocarpus, Metzleria. madagascariensis* Thér. is combined as new to the genus *Atractylocarpus*. The taxonomic status of *A. neocaledonicus* Broth. et Par. remains doubtful.

Die Gattung *Atractylocarpus* wurde von MITTEN (1869) mit der Art *A. mexicanus* neu beschrieben. Im gleichen Jahr war von SCHIMPER die Gattung *Metzleria* mit der Art *M. alpina* neu eingeführt worden (MILDE 1869). Als sich später beide Gattungen als synonym herausstellten, war der Bezeichnung *Atractylocarpus* als nomen conservandum gegenüber *Metzleria* der Vorzug gegeben worden. Daneben gebrauchte LIMPRICHT (1887) als provisorischen Namen noch die Bezeichnung *Metzleriella* für diese Gattung. Ferner war von *Metzleria* noch die orthographisch inkorrekte Form *Metzlera* in Gebrauch, von *Metzleriella* sinngemäss die ebenfalls inkorrekte Abwandlung in *Metzlerella*.

Der Index Muscorum (VAN DER WIJK et al. 1959) führt unter *Atractylocarpus* 16 legitime Arten auf. Zwei weitere legitime Arten waren als *Metzlerella*, eine weitere als *Metzleria* beschrieben worden und bislang noch nicht zu *Atractylocarpus* gestellt worden. Von diesen 19 Arten verbleiben nach einer kritischen Revision 9.

Die Gattung *Atractylocarpus* war von BROTHERUS (1924) innerhalb der Dicranaceae in die Unterfamilie der Campylopodioideae gestellt, einer sehr unzureichend definierten Gruppe von Gattungen. Innerhalb dieser Unterfamilie besteht eine enge Verwandtschaft zur Gattung *Dicranodontium* B.S.G. Insbesondere die Gametophyten weisen weitgehende Überinstimmungen auf hinsichtlich der Ausbildung der Blattrippe, der Anatomie des Rippenquerschnittes, der Blattform sowie der Laminazellen. Eine eindeutige Unterscheidung ist nur durch den Sporophyten möglich. Dieser besizt bei *Atractylocarpus* eine gerade, vielfach relativ lange, oberwärts gedrehte Seta mit einer zylindrischen, lang geschnäbelten Kapsel. *Dicranodontium* hat hingegen in jungem Zustand gekrümmte,

* Universität Duisburg, Fachbereich 6, Botanik, Postfach 101629, D - 4100 Duisburg, R.F.A.



später geschlängelte, relativ kurze Seten mit einer eiförmigen, kurz geschnäbelten Kapsel. Solche Gattungspaare mit geraden bzw. gekrümmten oder geschlängelten Seten kommen innerhalb der Dicranaceae noch öfter vor, z.B. *Pilopogon* Brid. und *Campylopus* Brid. (insbes. subg. *Thysanomitrion*), *Dicranella* Schimp. und *Microcampylopus* (C. Müll.) Fleisch. Man kann daraus schliessen, dass das Merkmal der gekrümmten bzw. geraden Seta bei weitgehender Übereinstimmung hinsichtlich des Gametophyten kein gewichtiger Unterschied sein kann und solche Gattungen durchaus zu einer Gattung vereinigt werden können, wie es BROTHERUS (1901) mit *Pilopogon* und *Campylopus* subg. *Thysanomitrion* getan hat.

Die Eigenständigkeit der Gattung *Atractylocarpus* ist also im wesentlichen nur durch Sporophytenmerkmale gegeben, weswegen eine sichere Ansprache sterilen Materials schwierig ist. Innerhalb der Gattung *Atractylocarpus* bestehen nur geringe spezifische Differenzierungsmöglichkeiten. Sie betreffen im Gametophyten die Ausprägung des Zellnetzes der Lamina (relativ dünnwandig, glatt und dickwandig, getüpfelt), das Vorhandensein oder Fehlen eines Blattsaumes, die glatte oder gekerbte Rückseite der Rippe, die Form der Exotheciumszellen, die Ausprägung des Peristoms, die Länge der Kapsel und die Grösse der Sporen.

Wie auch bei anderen Campylopodioideen ist die Ausbildung der Blattflügelzellen, die Blattspitze, die Blatt-sowie Setenlänge starken modifikatorischen Schwankungen unterworfen und diagnostisch nicht zu verwerten.

Somit unterscheiden sich die Arten voneinander vielfach nur in wenigen Merkmalen, was mutmasslich Ausdruck eines geringen phylogenetischen Alters dieser Gattung ist. Diese Hypothese wird dadurch unterstrichen, dass alle Arten bis auf eine (*A. neocaledonicus*) in den alpinen und subalpinen Lagen der Hochgebirge auf nahezu der ganzen Welt vorkommen, welche vor geologisch relativ junger Zeit im Tertiär entstanden sind.

Die vorliegende Bearbeitung der Gattung *Atractylocarpus* stützt sich auf das Studium von rund 880 repräsentativen Proben inclusive aller Typusbelege aus den Herbarien B, BM, EGR, F, FLAS, H, hb Frahm, JE, NAM, NICH, NY, PC, S, U. Für die Ausleihe danken wir den Kuratoren der genannten Intitute und Museen. Diese Arbeit wurde als taxonomischer Beitrag innerhalb des BRYOTROP-Projektes mit finanzieller Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) durchgeführt.

BESTIMMUNGSSCHLÜSSEL

1. Blattlamina nahezu ungesäumt; basale Lamina nur aus 5-6 Zellreihen bestehend 2
2. Rippe am Rücken glatt; Blattspitze 2x so lang wie die Lamina .... 6. *A. madagascariensis*

2*. Rippe am Rücken gekerbt; Blattspitze so lang wie die Lamina . .1. *A. alpinus*

1*. Basaler Blattrand durch mehrere Zellreihen schmal gesäumt; basale Lamina aus mehr als 6 Zellreihen bestehend 3

3. Blätter lang pfriemenförmig ausgezogen; die Pfrieme 3-5x so lang wie die Lamina; Rippe im oberen Teil des Blattes mit wenigen, unterwärts ohne ventrale Stereiden . . . . 2. *A. alticaulis*

3*. Blätter pfriemenförmig gespitzt; die Pfrieme 2-3x so lang wie die Lamina; Rippe im Querschnitt im ganzen Blatt mit zahlreichen ventralen Stereiden (excl. *A. stenocarpus*) 4

4. Kapsel > 5x so lang wie breit; Anulus vorhanden; Peristomzähne schmal lanzettlich 5

5. Rippe auf der Rückseite gekerbt, mit grosslumigen dorsalen Zellen . . . . 9. *A. stenocarpus*

5*. Rippe auf der Rückseite glatt, mit kleinlumigen dorsalen Zellen . . . . 8. *A. patagonicus*

4*. Kapsel < 5x so lang wie breit; Anulus fehlend; Peristomzähne aus breiter Basis 2-3 schenklig 6

6. Exotheciumszellen +/– oval, 2-3:1; Rippe auf der Rückseite crenuliert . . . . 3. *A. brasiliensis*

6*. Exotheciumszellen gestreckt, rechteckig, 5-6 : 1 7

7. Rippe auf der Rückseite glatt; Kapsel 3-5 : 1 8

8. Peristom aus breiter Basis bis 2/3 gespalten; Sporen 14-16 µm . . . . 5. *A. longisetus*

8*. Peristom aus schmaler Basis bis zum Grunde gespalten; Sporen 16-18 µm . . . . 4. *A. comosus*

7*. Rippe auf der Rückseite gekerbt; Kapsel eiförmig, 2-3 : 1 . . . . 7. *A. nanus*

ATRACTYLOCARPUS Mitt.

J. Linn. Soc. Bot. 12 : 13, 71 (1869) nom. cons.

Typus : *A. mexicanus* Mitt.

Metzlera Schimp. ex Hag., *Kongel. Norske Vidensk. Selsk. Skr. (Trondheim)* 1910 (3) : 15 (1910) orthogr. pro *Metzleria* Mild.

Metzlerella Hag., *Kongel. Norske Vidensk. Selsk. Skr. (Trondheim)* 1914 (1) : 62 (1915).

Metzleria Schimp. ex Mild., Bryol. Siles. : 75 (1869) nom. rejic.

Metzleriella Limp., Laubm. Deutschl. 1 : 411 (1887) nom. inval. prov.

Autözisch oder diözisch. Schlanke, aufrechte Pflanzen in ± dichten Rasen,

mit meist unverzweigten Stengeln, Höhe variabel, zumeist 10-35 mm hoch (*A. alticaulis* bis 67 mm), leicht glänzend, trocken gold-gelb, selten bräunlich; Blätter schraubig gestellt, aufrecht abstehend, selten leicht einseitswendig aus breiter, oft scheidiger Basis in einen langen, pfriemenförmigen Teil übergehend, Blattrand glatt, nur an der Blattspitze gezähnt, ± stark gesäumt, Rhizoiden an der Rückseite entspringend; Perichätialblätter in ihrer Form sehr ähnlich, nur kleiner, selten aus breitscheidiger Basis plötzlich in die Pfrieme verschmälert; Rippe breit, flach, den pfriemenförmigen Teil des Blattes ganz ausfüllend (Ausnahme : *A. neocaledonicus*), im Querschnitt mit einer medianen Reihe von Deutern und dorsalen und meist auch ventralen Stereiden; Blattflügelzellen schwach entwickelt (Ausnahme : *A. neocaledonicus*), Laminazellen ± dünnwandig, selten schwach getüpfelt, rechteckig bis prosenchymatisch. Seta über die Blattspitzen hinausragend, gold-gelb oder etwas dunkler, aufrecht, besonders im oberen Teil ± stark gedreht; Kapsel aufrecht, symmetrisch, urnenförmig bis zylindrisch oder elliptisch, ohne Spaltöffnungen und meist auch ohne Anulus, bräunlich; Kapseldeckel ungefähr so lang wie die Kapsel, lang geschnäbelt; 16 Peristomzähne in 2 oder 3 meist ungleiche Schenkel gespalten, mit papillösen Spitzen; Sporen 14-18 µm im Durchmesser (Ausnahme : *A. neocaledonicus*, 20-22 µm) mit fein papillöser Oberfläche; Kalyptra kappenförmig, die Kapsel meist ganz bedeckend, ganzrandig.

1. ***ATRACTYLOCARPUS ALPINUS*** (Mild.) Lindb. *Bot. Not.* 1886 : 100 (1886).

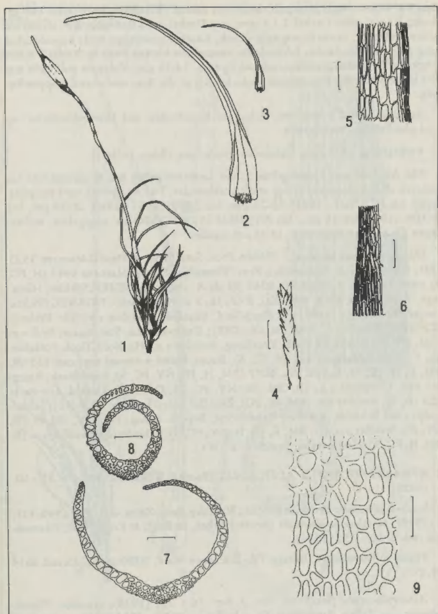
Metzleria alpina Schimp. ex Mild., Bryol. Siles. : 75 (1969). *Dicranum alpinum* (Mild.) Kindb., Eur. N. Amer. Bryin. 2 : 187 (1897), hom. illeg. *Metzlerella alpina* (Mild.) Hag., *Kongel. Norske Vidensk. Selsk. Skr. (Trondheim)* 1914 (1) : 63 (1915).

Typus : Schweiz, Bachalp auf dem Faulhorn, Metzler s.n. (B, BM, H, NY, PC, S).

Atractylocarpus sinensis (Broth.) Herz., *Ann. Bryol.* 12 : 87 (1939), syn. nov. *Metzlerella sinensis* Broth. in Hand.-Mazz., Symb. Sin. 4 : 19 (1929). **Typus** : China, Prov. Yünnan bor.-occid. : In regione frigide temperate jugi Schöndsula inter fluvios Landsang-djiang (Mekong) et Lu-Djiang (Salween), 28°4', Dr. Heinr. Frh. V. Handel-Mazzetti 8368 (BM, H, NY, PC, S).

Abb. : Gangulee (1971) Fig. 159; Limpricht (1890) Fig. 137; Figs 1-9.

Autözisch. Pflanzen aufrecht, ca. 8 mm hoch, trocken gold-gelb; Blätter aufrecht, schraubig gestellt, mit Wurzelfilz, aus breiter Basis langsam in schmalen pfriemenförmigen Teil übergehend, ca. 3 mm lang, Blattrand glatt, nur an der Blattspitze leicht gezähnt, nahezu ungesäumt; Perichätialblätter mit breiterer, +/– eiförmiger Basis, plötzlich in die pfriemenförmige Spitze verschmälert; Rippe 72-126 µm breit, den pfriemenförmigen Teil des Blattes ganz ausfüllend, Rückseite gekerbt, im Querschnitt ventrale Stereiden nur in der Mitte, eine Reihe von ca. 9 Deutern, relativ grosslumige dorsale Zellen; Blattflügelzellen hyalin, zartwandig, wenig entwickelt; basale Lamina nur aus 5-6 Zellreihen bestehend, basale Laminazellen dünnwandig, rechteckig, 27.6-48.3 x 4.6-11.5 µm, obere Laminazellen dünnwandig, prosenchymatisch, 27.6-59.8 x 4.6-6.9 µm.



FIGS. 1-9. – *Atractylocarpus alpinus* (Mild.) Lindb. nach Metzler s.n. (Typus, H). 1 : Pflanze, Originalgrösse 12 mm, 2.3 : Blatt, Originalgrösse 3 mm, 4 : Blattspitze, 5 : untere Laminazellen, 6 : obere Laminazellen, 7.8 : Blattquerschnitt im unteren und oberen Teil, 9 : Exotheciumszellen. Massstrich = 50 μm.

Seta ca. 8 mm lang, gold-gelb, aufrecht, schmal, besonders im oberen Teil gedreht; Kapsel ohne Deckel 1-1.3 mm, mit Deckel ca. 2 mm lang, 2-3 : 1, mittelbraun, aufrecht, urnenförmig-zylindrisch, Exotheciumszellen oval; Kapseldeckel lang geschnäbelt; Anulus fehlend; Peristomzähne bis zur Basis in 2 oder 3 meist ungleiche Schenkel gespalten, schmal, Sporen 14-16 µm; Kalyptra gold-gelb mit dunkler Spitze, die Kapsel ganz bedeckend und die Seta umfassend, kappenförmig.

Standort : auf morschem Holz, auf Moorboden, auf Glimmerschiefer, an und oberhalb der Waldgrenze.

Verbreitung : Schweiz, Österreich, Norwegen, China, Indien.

Die Angaben zur Sporengrösse in der Literatur gehen bei *A. alpinus* wie bei anderen *Atractylocarpus* Arten stark auseinander. Für *A. alpinus* wird beispielsweise bei HUSNOT (1891) 15-20 µm, bei LIMPRICHT (1890) 20-24 µm, bei ROTH (1904) 20-25 µm, bei NYHOLM (1956) 20-24 µm angegeben, wohingegen die eigenen Messungen 14-16 µm ergaben.

Durchgesehenes Material : CHINA.Prov. Setschwan, v. Handel-Mazzetti 1523 (BM, NY, S) (H als *A. sinensis*); Prov. Yünnan, v. Handel-Mazzetti 9943 (H, PC, S) (BM, H, S als *A. sinensis*), 8347 (H als *A. sinensis*). INDIEN. Sikkim, Himalaya, Troll 4 (BM als *A. sinensis*), 8 (B, JE, S als *A. sinensis*). NORWEGEN. Stavanger, Kaalaas s.n. (BM, H), Hordaland, Fusafjell, Hakelier s.n. (Hb. Frahm). SCHWEIZ. Faulhorn, Kaulfuss s.n. (NY); Canton Bern, Sustenpass, Boll s.n. (BM, NY, S). ÖSTERREICH Voralberg, Breidler s.n. (H); Nord-Tirol, Fotschertal, v. Handel-Mazzetti s.n. (H, JE, S), Bauer, Musci europaei exsiccati 135 (B, BM, F, H, JE, S), Krypt. exs. 1077 (BM, H, JE, NY, PC, S); Steiermark, Rinegger See, Glowacki s.n. (B, BM, JE, NY, PC, S), Donnersbachwald, Glowacki 519 (B, S), Breidler s.n. (BM, JE, PC), Zwiefler See, Glowacki 9209 (JE); Schieferalpen bei Schöder, Breidler, Rabenhorst, Bryoth. europ. 1315 (B, BM, H, JE, NY, S), Breidler s.n. (B, BM, F, JE, H, NY, PC, S); Schladming, Breidler s.n. (B, BM, H, PC, S); Herzmaralm, Breidler s.n. (NY).

2. *ATRACTYLOCARPUS ALTICAULIS* (Broth.) Williams, *Bryologist* 31 : 10 (1928).

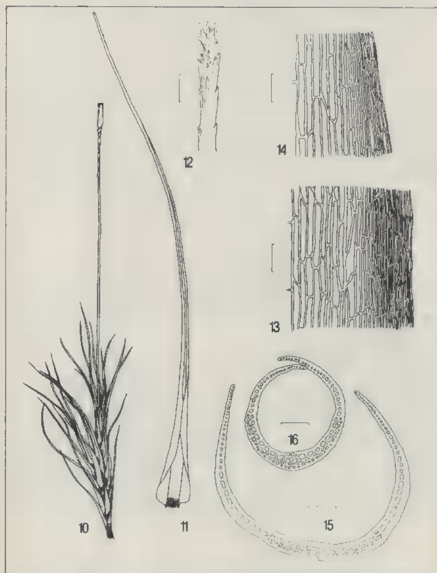
Metzleria alticaulis Broth. in Mildbr., Wiss. Erg. deut. Zentr.-Afr., Bot : 142. 11f. 6 (1910). *Metzlerella alticaulis* (Broth.) Broth. in Engl. & Prantl, Nat. Pflanzenfam. ed. 2, 10 : 191 (1924).

Typus : Ruwenzori, Butagu-Tal, Ericaceen Wald, 3300 m, Mildbread 2614 (H, PC).

Atractylocarpus flexifolius Dix., *J. Bot.* 76 : 224 (1938), syn. nov. **Typus** : Namwamba Valley, Ruwenzori, Uganda, Taylor 2998b, 3000 (BM).

Atractylocarpus naveauanus (Thér.) P. Vard., *Ark. Bot.* ser. 2, 3 (8) : 137 (1955) cf. DE SLOOVER (1973). *Metzlerella naveauana* Thér. in Nav., *Bull. Soc. Roy. Bot. Belgique* 60 : 19.5 (1927). **Typus** : Ruwenzori (Lanari) ± 3000 m, Bequaert 4610, 3900 (H, JE, PC).

Abb. : DE SLOOVER (1973) Figs 20-27, 33-35; BROTHERUS (1911) Tafel XI Fig. 6 ; Figs. 10-16.



FIGS. 10-16. — *Atractylocarpus alticaulis* (Broth.) Williams nach Mildbread 2614 (Typus, H). 10 : Pflanze, Originalgrösse 67 mm, 11 : Blatt, Originalgrösse 10 mm, 12 : Blattspitze, 13 : untere Laminazellen, 14 : obere Laminazellen, 15,16 : Blattquerschnitt im unteren und oberen Teil. Massstrich = 50 µm.

Diözisch. Pflanze aufrecht, in lockeren Rasen stehend, bis zu 50 mm hoch, trocken gold-gelb; Blätter aufrecht, spiralig gestellt, mit Wurzelfilz, aus breiter Basis langsam in schmalen, langen pfriemenförmigen Teil übergehend, 8-11 mm lang, Pfrieme 3-5x so lang wie die Lamina, Blattrand glatt, nur an der Blattspitze gezähnt, durch mehrere Zellreihen gesäumt; Perichätialblätter in ihrer Form ähnlich, nur kleiner; Rippe 200-240 µm breit, den pfriemenförmigen Teil des Blattes ganz ausfüllend, im Querschnitt im oberen Teil des Blattes mit wenigen, im unteren ohne ventrale Stereiden, ein medianes Band mit 14-18 Deutern; Blattflügelzellen schwach entwickelt, rötlich-braun, Laminazellen rechteckig bis prosenchymatisch, schwach getüpfelt, die basalen 62.5-132.5 x 7.5-12.5 µm, die oberen 100-175 x 7.5-12.5 µm. Seta 18-25 mm lang, etwas dunkler als die Pflanze bis mittelbraun, aufrecht, schmal, besonders unterhalb der Kapsel oft stark gedreht; Kapsel ca. 2,2 mm ohne Deckel, bräunlich, aufrecht, urnenförmig-zylindrisch, Exotheciumszellen gestreckt; Kapseldeckel lang geschnäbelt; Anulus fehlend; Peristomzähne gelb-braun, zur Spitze hin heller werdend, bis zur Basis in 2 meist ungleiche Schenkel gespalten; Sporen 14-16 µm im Durchmesser; Kalyptra hell mit dunkler Spitze, kappenförmig, die Kapsel ganz bedeckend.

Standort : auf Erde und Felsen im subalpinen Ericaceen Wald.

Verbreitung : Uganda, Kenya, Tansania, Zaire, Rwanda, Kongo.

1. DIXON nennt in seiner Typusbeschreibung von *A. flexifolius* nur habituelle Unterschiede wie geschlängelte, weit abstehende Blätter. Der Syntypus (Taylor 2998b) weist diese genannten Merkmale jedoch nicht auf. Die zum Teil abstehenden Blätter von *A. flexifolius* sind vermutlich durch den Standort auf nassen Felsen bedingt.

2. Die afrikanischen Arten *A. alticaulis* und *A. madagascariensis* weichen von allen anderen Arten durch lange Pfriemenspitzen ab.

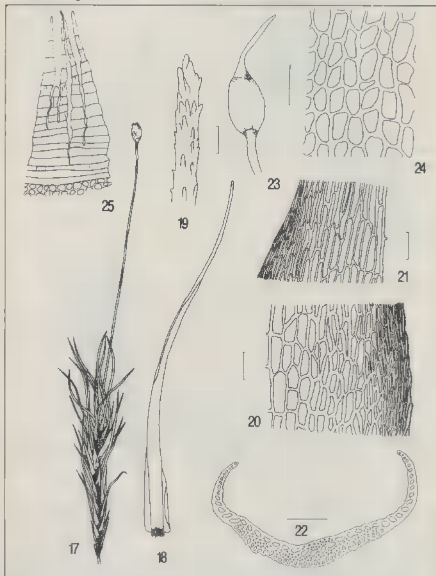
Durchgesehenes Material : UGANDA. Ruwenzori, Bujuku-Tal, Wood 1089 (BM, PC), Bukurungu-Tal, Hedberg 345a (S als *A. naveauanus*), Bequaert s.n. (BM als *A.naveaunanus*). TANSANIA. Kilimandjaro, Uhlig 190 (H), Pócs 6929 (EGR), 6788/BN (EGR, NAM). 6788/BT (EGR, NAM), Pócs u. Kundaeli 6718/R (EGR, F), 6718/AM (EGR, NAM). ZAIRE. Kivu, piste du Kahuzi, de Sloover 3226 (EGR), 12787 (NAM, PC, Hb. Frahm), 12804 (F, FLAS, NAM); Mahungu, Demaret 5345 (EGR, H, B). RWANDA. Karisimbi, D'Arcy 7737 (NAM). KONGO. Ruwenzori, Humbert 7700 (PC), Demaret 5354 A, 5356, 5422, 5425, 5431 A (NAM), Humbert 858 (BM), 858 (B, JE als *A. naveauanus*).

3. ***ATRACTYLOCARPUS BRASILIENSIS*** (C. Muell.) **Williams**, *Bryologist* 31 : 110 (1928).

Dicranum brasiliense C. Muell., *Bull. Herb. Boiss.* 6 : 32 (1898). *Metzlerella brasiliense* (C. Muell.) Broth. in Engl. & Prantl, Nat Pflanzenfam. ed. 2, 10 : 191, 192 (1924). *Metzleria brasiliensis* (Broth.) Par., Index bryol. Suppl. : 244 (1900).

Typus : Brasilien, Serra do Itatiaia, 2300 m, Lagoa, in palude, Ule, Bryoth. bras. 109 (BM, H, JE, NY, PC, S).

Abb. : Figs 17-25.



FIGS. 17-25. – *Atractylocarpus brasiliensis* (C. Muell.) Williams nach Ule. Bryoth. bras. 109 (Typus NY), 17 : Pflanze, Originalgrösse 35 mm, 18 : Blatt, Originalgrösse 5 mm, 19 : Blattspitze, 20 : untere Laminazellen, 21 : obere Laminazellen, 22 : Blattquerschnitt, 23 : Kapsel, 24 : Exotheciumszellen, 25 : Peristomzähne. Massstrich = 50 µm.

Diözish, Pflanzen aufrecht, in Rasen stehend, ca. 20 mm hoch, trocken goldgelb ; Blätter schraubig gestellt, mit Wurzelfilz, aus breiter Basis langsam in schmalen pfriemenförmigen Teil übergehend, 4-6 mm lang, Blattrand glatt, nur an der Blattspitze ± stark gezähnt, stark gesäumt; Perichätialblätter mit schnellerem Übergang aus kurzer, eiförmiger Basis in langen pfriemenförmigen Teil ; Rippe ca. 225 µm breit, den pfriemenförmigen Teil des Blattes ganz ausfüllend, Rückseite crenuliert, ventrale Stereiden nur in der Mitte des Querschnittes, eine mediane Reihe mit 18 Deutern ; Laminazellen ± dickwandig, basale rechteckig, 46-64.4 x 6.9-11.5 µm, obere rechteckig- prosenchymatisch, 46-103.5 x 4.6-6.9 µm. Seta 15-20 mm lang, gold-gelb, aufrecht, schmal, im oberen Teil leicht gedreht, Kapsel ca. 1.5 mm ohne Deckel, ca. 2x so lang wie breit, mittel-bis dunkelbraun, aufrecht, elliptisch, Exotheciumszellen oval, 2-3 : 1; Kapseldeckel lang geschnäbelt, so lang wie die Kapsel; Anulus fehlend; Peristomzähne mit breiter Basis, tief in 2 bzw. 3 Schenkel gespalten; Sporen 14-16 µm; Kalyptra mittel - bis dunkelbraun, die Kapsel bis zur Basis bedeckend, kappenförmig.

Standort : auf Moorboden oberhalb der Waldgrenze.

Verbreitung : SE-Brasilien.

Durchgesehenes Material : BRASILIEN. Serra dos Orgaos, Morro Assu, Lützelburg 7118 (B, JE).

4. ***ATRACTYLOCARPUS COMOSUS*** Dix., *Ann. Bryol. 7 : 22 (1934).*

Typus : Celebes B. Poka Pindjang, Kjellberg 49 M (BM, S).

Atractylocarpus dicranoides Dix., *Farlowia* 1 (1) : 28 (1943). cf. FRAHM et al. (im Druck). **Typus** : Papua, Supra Port Moresby, Carr 13718 (B, BM, F, JE, NY, PC, S).

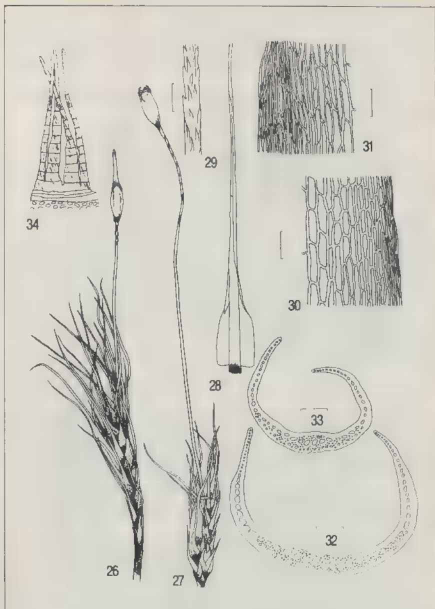
? *Atractylocarpus erectifolius* Mitt. ex Dix., *Notes Roy. Bot. Gard. Edinburgh* 19 (95) : 281 (1938). **Typus** : India, Tongsa, Bhotan, Griffith s.n. (BM, H, NY, PC, S).

Atractylocarpus auriculatus Mitt. in Par., Index bryol. : 391 (1896) nom. nud., als syn. von *A. erectifolius* cf. DIXON (1938).

Metzlerella insignis Baumg. in Froehl., *Ann. Naturhist. Mus. Wien* 59 : 71 (1953), cf. FRAHM et al. (im Druck). **Typus** : Sumatra, Gipfel des Singalang, Schiffner 11436 (B, BM, F, H, JE, S).

Abb. : GANGULEE (1971) Fig. 160 als *A. erectifolius* ; Figs 26-34.

Autözish. Pflanzen aufrecht, 30-50 mm hoch, trocken gold-gelb bis bräunlich; Blätter dicht schraubig gestellt, mit Wurzelfilz, aus kurzer scheidiger Basis seicht in langen pfriemenförmigen Teil übergehend, bis zu 8 mm lang, Blattrand glatt, nur an der Blattspitze gezähnt, ± stark gesäumt; Perichätialblätter in irher Form sehr ähnlich, nur kürzer; Rippe 200-250 µm breit, den pfriemenförmigen Teil des Blattes ganz ausfüllend, auf der Rückseite ± glatt, im Querschnitt mit ventralen und dorsalen Stereiden und einer medianen Reihe mit 6-9 Deutern; Laminazellen ± dünnwandig, rechteckig bis prosenchymatisch, basale 40-75 x 10-15 µm, obere 70-120 x 5-11 µm. Seta 7-24 mm lang, gold-gelb, aufrecht, schmal, im



FIGS. 26, 29-34. – *Atractylocarpus comosus* Dix. nach Kjellberg 49 M (Typus S); 27 u. 28. – *Atractylocarpus comosus* Dix. nach Carr 13718 (Typus NY als *A. dicranoides*). 26 : Pflanze, Originalgrösse 32 mm, 27 : Pflanze, Originalgrösse 46 mm, 28 : Blatt, Originalgrösse 6 mm, 29 : Blattspitze, 30 : untere Laminazellen, 31 : obere Laminazellen, 32,33 : Blattquerschnitt im unteren und oberen Teil, 34 : Peristomzähne. Massstrich = 50 μm

oberen Teil leicht gedreht; Kapsel ca. 1.5 mm ohne Deckel, 3-5: 1, hell-bs dunkelbraun, aufrecht, zylindrisch, Exotheciumszellen gestreckt; Kapseldeckel lang geschnäbelt, so lang wie die Kapsel; Anulus fehlend; Peristomzähne schmal, tief in 2 Schenkel gespalten, gelblich braun, zur Spitze heller werdend; Sporen 16-18 µm; Kalyptra gold-gelb mit dunkler Spitze, die Kapsel ganz bedeckend, kappenförmig.

Standort : auf Erde, morschem Holz und epiphytisch in subalpinen Wäldern, in Mooren und Grasland oberhalb der Waldgrenze.

Verbreitung : Celebes, Neu Guinea, Bhutan, Sumatra, Nepal.

1. Die Länge der Seten und die Höhe der Pflanzen sind sehr variabel.
2. Nach der Typusbeschreibung (DIXON, 1938) soll sich *A. erectifolius* durch ganzrandige Blätter und kürzere Kapseln von *A. comosus* unterscheiden. Beide Merkmale treffen beim untersuchten Typusmaterial jedoch nicht zu.

Durchgesehenes Material : PAPUA NEU GUINEA. Morobe Prov., Mt-Sarawaket, Norris 62406 (hb Frahm), Norris 63231, 62321, 62322, 63521, 62711 B, 62725 A, 62820, 63003, 63049, 66898, 66929 (hb Frahm, als *A. dicranoides*), Koponen 32161 (hb Frahm, als *A. dicranoides*), Creek 979 (hb Frahm, als *A. dicranoides*), Mannasat, Cromwell Mountains, Hoogland 9608 (B, BM, NY als *A. dicranoides*); Mt Wilhelm, Brass 30045 (S als *A. dicranoides*); Habbema See, Brass 9455 (BM als *A. dicranoides*), 9258, 9454 (F als *A. dicranoides*); Mt Wilhelmina, Brass u. Myer-Dress 9889, 10199 (F als *A. dicranoides*). BHUTAN. Griffith s.n. (BM als *Leptotrichum auriculatum*). NEPAL. Himalaya, Iwatsuki 1569 (B, H als *A. erectifolius*).

5. ***ATRACTYLOCARPUS LONGISETUS*** (Hook.) Bartr., *Bryologist* 49: 110 (1946).

Dicranum longisetum Hook., Pl. crypt. : 3a (1816). *Dicranodontium longisetum* (Hook.) Williams, N. Amer. Fl. 15: 152 (1913). *Metzlerella longiseta* (Hook.) Broth. in Engl. & Prantl, Nat. Pflanzenfam. ed. 2, 10 : 191 (1924). *Metzleria longiseta* (Hook.) Broth., *Bot. Jahrb. Syst.* 56 (Beibl. 123) : 5 (1920).

Typus : Andes Bogotenses, Fusagasuga, Humboldt et Bonpland s.n. (BM).

Dicranodontium pusillum Thér., *Hedwigia* 74 : 101 (1934), nom. nud. Typus: Paramo del Boqueron, Troll 2249 (B, JE).

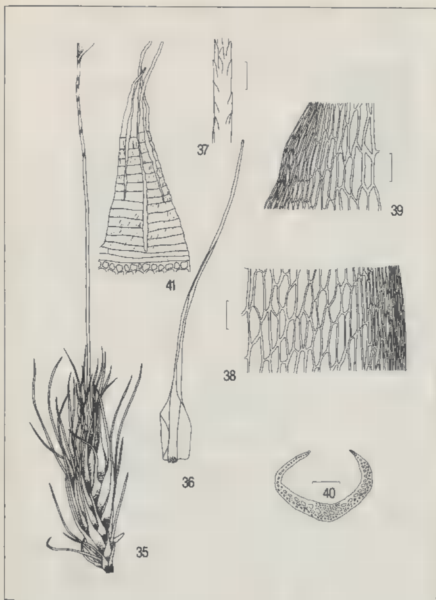
Atractylocarpus strictulus (C. Muell.) J.-P. Frahm, *J. Hattori Bot. Lab.* 44 : 485 (1978), syn. nov. *Dicranum strictulum* C. Muell. *Linnaea* 38 : 587 (1874). *Campylopus strictulus* (C. Muell.) H. Robins., *Bryologist* 70 : 20 (1967).

Campylopus laxiretis Herz., *Beih. Bot. Centralbl.* 26 (2) : 54 (1910), syn. nov.

Dicranodontium setosum Williams, *Bull. Torrey Bot. Club.* 34 : 570 (1908), syn. nov, cf. Thériot in sched. Typus : Paramo de Buena, Central Cordillera, Pittier 2060 (PC).

Dicranum macrodon Hampe, *Ann. Sci. Nat. Bot.* sér. 5, 3 : 366 (1865) hom. illeg.

Metzleria spiripes (C. Muell.) Broth. in Engl. & Prantl, Nat. Pflanzenfam. 1



FIGS. 35-41. – *Atractylocarpus longisetus* (Hook.) Bartr. nach Humbold und Bonpland s.n. (Typus BM). 35 : Pflanze, Originalgrösse 31 mm, 36 : Blatt, Originalgrösse 6 mm, 37 : Blattspitze, 38 : untere Laminazellen, 39 : obere Laminazellen, 40 : Blattquerschnitt, 41 : Peristomzähne. Massstrich = 50 μm.

(3) : 337 (1901), syn. nov. *Dicranum spiripes* C. Muell., *Linnaea* 38:585 (1874). **Typus** : Nova Granata, prov. Antioquia, Paramo de Sonson, Wallis s.n. (BM, H).

Metzleria strigulosa (C. Muell.) Broth. in Engl. & Prantl, Nat. Pflanzenfam. 1 (3): 337 (1901). *Dicranum strigulosum* C. Muell. in Ren. et Card., *Bull. Soc. Roy. Bot. Belgique* 31 (1) : 147 (1893).

Metzleria sublongiseta (C. Muell.) Broth. in Engl. & Prantl, Nat. Pflanzenfam. 1 (3) : 337 (1901).

Abb : BARTRAM (1949) Fig. 23 A-C, Figs 35-41.

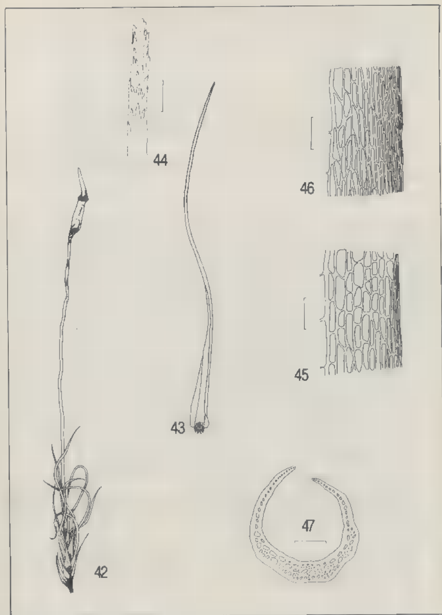
Autözisch. Pflanzen aufrecht, bis 15 mm hoch, trocken gold-gelb bis braun; Blätter schraubig gestellt, mit Wurzelfilz, aus breiter Basis langsam in pfriemenförmigen Teil übergehend, 4-7 mm lang, Blattrand glatt, nur an der Blattspitze gezähnt, gesäumt; Perichätialblätter mit schnellerem Übergang aus eiförmiger Basis plötzlich in eine lange Pfrieme verschmälert, ca. 6 mm lang; Rippe ca. 144 µm breit, den pfriemenförmigen Teil des Blattes ganz ausfüllend, auf der Rückseite glatt, im Querschnitt mit dorsalen und ventralen Stereiden, in der Mitte eine mediane Reihe mit 18 Deutern; basale Laminazellen dünnwandig, rechteckig, 57.5-69 x 18.4-25.3 µm, obere rechteckig bis prosenchymatisch, 36.8-78.2 x 9.2-13.8 µm. Seta 17-22 mm lang, gold-gelb bis braun, aufrecht, schmal, besonders im oberen Teil gedreht; Kapsel ca. 2 mm ohne Deckel, 3-5:1, mittel- bis dunkelbraun, aufrecht, zylindrisch; Exotheciumszellen gestreckt, rechteckig, 5-6: 1, Kapseldeckel lang geschnäbelt, ca. 1,5 mm lang; Anulus fehlend; Peristomzähne mit breiter Basis, bis zu 2/3 in 2 Schenkel gespalten; Sporen 14-16 µm ; Kalyptra gold-gelb mit dunkler Spitze, die Kapsel ganz bedeckend, kappenförmig.

Standort : auf Humus, morschem Holz, an Bäumen, im Eichen-Kiefern-Wald und Regenwald, an und oberhalb der Waldgrenze.

Verbreitung : Costa Rica, Mexiko, Guatemala, Panama, Honduras, Brasilien, Kolumbien, Brit. Guyana, Venezuela, Ecuador, Peru, Bolivien.

Metzleria spiripes wurde aufgrund der gedrehten Seten beschrieben. Da es sowohl bei *A. longisetus* als auch bei anderen *Atractylocarpus*-Arten gedrehte Seten gibt, ist dies kein differenzierendes Merkmal.

Durchgesehenes Material : COSTA RICA. B (1), BM (2), F (4), FLAS (5), H (4), hb Frahm (1), NY (3), PC (5), S (2). MEXIKO. Oaxaca, Hale 20754 (B). GUATEMALA. Chanal, Cario s.n. (H als *Dicranum sublongisetum*). PANAMA. Province Chiriqui, Davidson 156 (F als *Metzlerella longiseta*). HONDURAS. BM (2), F (5), NY (1). KOLUMBIEN. B (2), BM (21) (1 als *Dicranum spiripes*), EGR (2), F (5), FLAS (7), H (6), hb Frahm (39), JE (3), NAM (2), NICH (3), NY (10), PC (2), S (7), U (33). BRIT. GUYANA. Mount Roraima, Quelch und Mc Connell 343 (BM als *A. guyanensis*), 344 (BM, H als *A. laxifolius*). ECUADOR. B (1), BM (4), F (1), H (1), NY (5), PC (1), S (1). BRASILIEN. Orgao Mts, Gardner 21 (BM); Rio de Janeiro, Frahm 1892, 1893 (hb Frahm); ohne Angabe Weir 235 (NY). VENEZUELA. B (1), BM (6), F (2), FLAS (23), H (1), hb. Frahm (2), JE (3), NAM (1), NY (4), S (3). PERU. BM (4), F (2), FLAS (1), H



FIGS. 42-47. — *Atractylocarpus madagascariensis* Thér. nach Bathie 73 (Typus PC). 42 : Pflanze, Originalgrösse 8 mm, 43 : Blatt, Originalgrösse 4 mm, 44 : Blattspitze, 45 : untere Laminazellen, 46 : Laminazellen, 47 : Blattquerschnitt. Massstrich = 50 µm.

(4) (2 als *Metzleria spiripes*) (1 als *Metzleria longiseta* var. *dicranella*) (1 als *Metzleria longiseta* var. *stricta*), hb Frahm (10), NAM (1), NICH (1), NY (4), PC (3), S (2). BOLIVIEN. B (1), BM (1), F (1), H (2), JE (2) (1 als *Campylopus laxiretis*) (2 als *Metzleria spiripes*), NY (3), PC (4) (1 als *Metzleria spiripes*), S (2 als *A. spiripes*).

6. ***ATRACTYLOCARPUS MADAGASCARIENSIS*** **(Thér.) comb. nov.**

Metzlerella madagascariensis Thér., *Recueil Publ. Soc. Havraise Etudes Diverses* 1925 : 132 ic (1926).

Typus : Madagascar, Mt Tsaratanana, 1200-2400 m, Bathie 73 (B, BM, H, JE, PC, S).

Abb. : Figs 42-47.

Autözisch. Pflanze aufrecht, ca. 8 mm hoch, mit Wurzelfilz, trocken goldgelb; Blätter aufrecht, aus breiter Basis in schmalen pfriemenförmigen Teil übergehend, ca. 5 mm lang, Blattrand glatt, nur an der Blattspitze leicht gezähnt, nahezu ungesäumt; Perichätialblätter in ihrer Form ähnlich; Rippe ca. 90 µm breit, den pfriemenförmigen Teil des Blattes ganz ausfüllend, auf der Rückseite glatt, im Querschnitt mit wenigen ventralen und zahlreichen dorsalen Stereiden, in der Mitte eine mediane Reihe von ca. 15 Deutern; basale Lamina nur aus 5-6 Zellreihen bestehend, basale Laminazellen dünnwandig, rechteckig, 39-52.3 x 12.8-18.2 µm, obere Laminazellen dünnwandig, rechteckig bis prosenchymatisch, 52-76.6 x 5.2-7.8 µm. Seta ca. 12 mm lang, gold-gelb, aufrecht, schmal, besonders im oberen Teil gedreht; Kapsel ohne Deckel 1-1.5 mm lang, mittelbraun, aufrecht, urnenförmig bis zylindrisch, Exotheciumszellen gestreckt; Kapseldeckel lang geschnäbelt, ca. 1 mm lang; Anulus fehlend; Peristomzähne bis zur Basis in 2 Schenkel gespalten, schmal; Sporen 14-16 µm; Kalyptra gold-gelb, die Kapsel ganz bedeckend, kappenförmig.

Standort : nicht bekannt.

Verbreitung : Madagascar (endemisch), nur vom Typus bekannt.

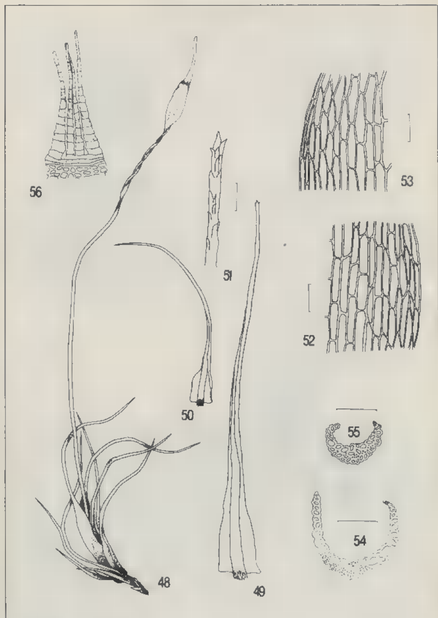
A. madagascariensis hat bezüglich der Grösse, des Habitus, des nahezu fehlenden Blattsaumes grosse Ähnlichkeiten mit *A. alpinus*, unterscheidet sich jedoch durch die glatte Rückseite der Rippe.

7. ***ATRACTYLOCARPUS NANUS*** **Williams,** ***Bryologist*** **31 : 109. 10 (1928).**

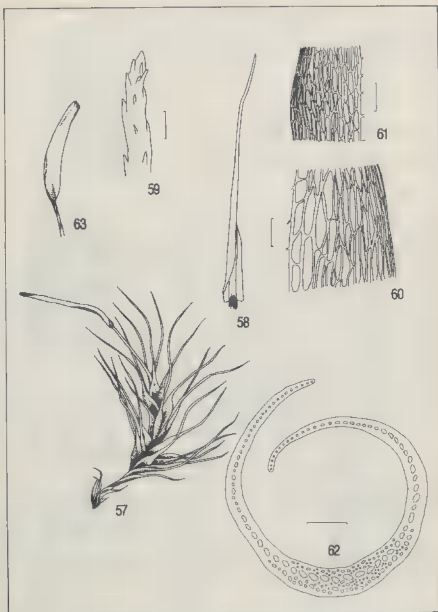
Typus : Peru, Province La Convencion, Limasbamba, 2500 m, Bües 610 (NY).

Abb. : Figs 48-56.

Autözisch. Pflanzen aufrecht, in niedrigen bis 6 mm hohen Rasen, trocken gold-gelb; Blätter schraubig gestellt, aus breiter Basis langsam in pfriemenförmigen Teil übergehend, ca. 4 mm lang, Blattrand glatt, nur an der Blattspitze gezähnt, kaum gesäumt; Perichätialblätter in ihrer Form ähnlich; Rippe ca. 72 µm breit, den pfriemenförmigen Teil des Blattes ganz ausfüllend, auf der Dorsalseite ge-



FIGS. 48-56. – *Atractylocarpus nanus* Williams nach Bües 610 (Typus NY), 48 : Pflanze, Originalgrösse 10 mm, 49-50 : Blatt, Originalgrösse 4 mm, 51 : Blattspitze, 52 : untere Laminazellen, 53 : obere Laminazellen, 54-55 : Blattquerschnitt im unteren und oberen Teil, 56 : Peristomzähne. Massstrich = 50 μm.



FIGS. 57-63. – *Atractylocarpus patagonicus* Herz. et Thér. nach Schiller s.n. (Typus PC). 57 : Pflanze, Originalgrösse 13 mm, 58 : Blatt, Originalgrösse 5 mm, 59 : Blattspitze, 60 : untere Laminazellen, 61 : obere Laminazellen, 62 : Blattquerschnitt, 63 : Kapsel, Massstrich = 50 μm.

kerbt, im Querschnitt mit einer medianen Reihe mit 8-9 Deutern, dorsalen Stereiden und nur wenigen ventralen kleinlumigen Zellen; basale und obere Laminazellen ± gleich, rechteckig bis prosenchymatisch, 103-115 x 7-14 µm. Seta 8-12 mm lang, gold-gelb, aufrecht, schmal, besonders im oberen Teil gedreht; Kapsel ca. 1 mm ohne Deckel, 2-3: 1, mittelbraun, aufrecht, eiförmig, Exotheciumszellen gestreckt, rechteckig; Kapelsdeckel lang geschnäbelt, so lang wie die Kapsel; Anulus fehlend; Peristomzähne bis zur Basis in 2 Schenkel gespalten; Sporen 14-16 µm; Kalyptra gold-gelb mit dunkler Spitze, die Kapsel bis zur Basis bedeckend, kappenförmig.

Standort : nicht bekannt.

Verbreitung : Peru, nur Typus.

Bei der Revision der Herbarbelege sind keine weiteren Belege mit der Merkmalskombination von *A. nanus* aufgetreten. Der Blattquerschnitt von *A. nanus* weicht stark von dem hauptsächlich in den Anden vorkommenden *A. longisetus* ab, zeigt eher Ähnlichkeiten mit *A. stenocarpus*, was für die Aufrechterhaltung der Art *A. nanus* spricht. *A. longisetus* wurde vom gleichen Sammler am gleichen Ort wie der Typus von *A. nanus* als *Dicranodontium longisetum* (Peru : Province La Convencion, Bües 614 (NY)) nur 200 ft tiefer gefunden.

8. ***ATRACTYLOCARPUS PATAGONICUS*** **Herz. et Thér.**, *Ann. Bryol.* 6 : 124 (1933).

Typus : Chile, Patagonië : Arroyo del Cantaro, pr. lac Nahuel Huapi, Schiller s.n. (JE, PC).

Abb. : Figs 57-63.

Autözisch; aufrechte, bis 15 mm hohe, schlanke Pflanzen, trocken gelb-bräunlich, mit Wurzelfilz; Blätter aus scheidiger Basis schnell in langen pfriemenförmigen Teil übergehend, 5-7 mm lang, Blattrand glatt, nur an der Blattspitze leicht gezähnt, leicht gesäumt; Perichätialblätter in ihrer Form sehr ähnlich; Rippe 135-189 µm breit, den pfriemenförmigen Teil des Blattes ganz ausfüllend, Dorsalseite glatt, im Querschnitt mit kleinlumigen dorsalen Zellen, ventrale Stereiden über den ganzen Querschnitt verteilt, eine mediane Reihe aus ca. 11 Deutern; Blattflügelzellen nicht vorhanden, Laminazellen relativ dickwandig, die basalen rechteckig bis prosenchymatisch, 92-103.5 x 11.5-23 µm, die oberen rechteckig, 39.1-46 x 9.2-13.8 µm. Seta 4-22 mm lang, gelbbräunlich, aufrecht, schmal, besonders im oberen Teil leicht gedreht; Kapsel ca. 2.6 mm ohne Deckel, > 5x so lang wie breit, mittelbraun, aufrecht, zylindrisch. Kapseldeckel, Peristom, Sporen und Kalyptra fehlen bei dem vorliegenden Typusmaterial.

Standort : auf Erde.

Verbreitung : Chile.

Der Rippenquerschnitt unterscheidet sich stark von dem von *A. stenocarpus*, was als Indiz für die Eigenständigkeit der Art angesehen werden kann. Ausser-

dem sind ventrale Stereiden bei *A. patagonicus* über den ganzen Querschnitt verteilt, wohingegen sie sich bei *A. stenocarpus* nur in der Mitte befinden. Ausserdem sind die Zellwände der Laminazellen dicker als bei *A. stenocarpus*.

Durchgesehenes Material : CHILE. Poppig 39 (BM als *Dicranum longisetum*), Talcaluiano (BM als *Dicranum longisetum*), ohne Angaben (BM als *Dicranum longisetum*).

9. ***ATRACTYLOCARPUS STENOCARPUS*** (Wils. in Seem.) Zander, *Bryologist* 85 (1) : 128 (1982).

Trichostomum stenocarpum Wils. in Seem., Bot. Voyage Herald : 344 (1857).

Typus : Mexico, « Sierra Madre », Seemann 1925 (BM).

Atractylocarpus costaricensis (C. Muell.) Williams, *Bryologist* 31 : 110 (1928). *Leptotrichum costaricense* C. Muell., *Bot. Z.* 16: 161 (1858). *Metzlerella costaricensis* (C. Muell.) Broth. in Engl. & Prantl, Nat. Pflanzenfam. ed. 2, 10: 191 (1924). **Typus** : Costa Rica. Les Nubes, Wendland s.n. (BM, PC).

Atractylocarpus flagellaceus (C. Muell.) Williams, *Bryologist* 31 : 110 (1928), syn. nov. *Dicranum flagellaceum* C. Muell., Syn. musc. frond. 2 : 579 (1851). *Dicranodontium flagellaceum* (C. Muell.) Williams, N. Amer. Fl. 15 : 153 (1913). *Metzlerella flagellacea* (C. Muell.) Broth. In Engl. & Prantl., Nat. Pflanzenfam. ed. 2, 10 : 191 (1924). **Typus** : Mexico, prov. Mechoacan, Cerro San Andres, v. Chrismar s.n. (PC).

Atractylocarpus mexicanus Mitt., *J. Linn. Soc. Bot.* 12 : 71 (1869). *Metzleria mexicana* (Mitt.) Card. in Pringle, *Bryologist* 12 : 83 (1909). **Typus** : Sierra Madre, North West of Mexico, Seemann s.n. (BM, NY).

Ditrichum mexicanum (Schimp.) O. Kuntze, Revis. gen. pl. 2 : 835 (1891). *Leptotrichum mexicanum* Schimp. ex Besch., *Mém. Soc. Sci. Nat. Cherbourg* 16 : 174 (1872). **Typus** : Mexico, State of Puebla, near Honey Station, Cardot 10466, 10650 (BM).

Leptotrichum pinetorum C. Muell., *Linnaea* 38 : 627 (1874). **Typus** : Mexico, Monte Orizaba, Mohr s.n. (PC).

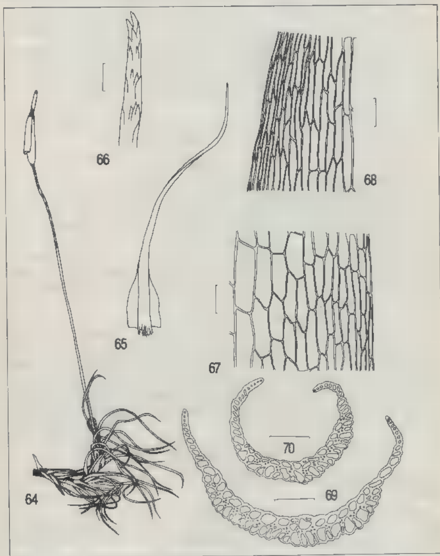
Metzleria leptocarpa (Besch.) Card., *Rev. Bryol.* 38 : 100 (1911). *Leptotrichum leptocarpum* Schimp. ex Besch., *Mém. Soc. Sci. Nat. Cherbourg* 16 : 174 (1872). *Ditrichum leptocarpum* (Schimp.) Hamp., *Flora* 50 : 182(1867). *Metzlerella leptocarpa* (Besch.) Thér., *Smithsonian Misc. Collect.* 78 (2) : 9 (1926), nom. inval. in synon. **Typus** : Mexico, Serra de la Cruz -Orizaba, Müller s.n. (BM).

Metzleria pittieri (Ren. et Card.) Broth. in Engl. & Prantl, Nat. Pflanzenfam. 1 (3) : 337 (1901). *Dicranum pittieri* Ren. et Card., *Bull. Soc. Roy. Bot. Belgique* 31 (1) : 146 (1893).

Metzleria tuerckheimii Broth. in Card., *Rev. Bryol.* 38 : 100 (1911) nom. nud. in synon. **Typus** : Guatemala (Alta Verapaz), Cubilguitz. Türckheim s.n. (BM, JE).

Abb : BARTRAM (1949) Fig. 23 D-F; Figs 64-70.

Diözisch; Pflanzen aufrecht, in Polstern, mit Wurzefilz, 10-15 mm hoch, trocken gold-gelb; Blätter aus breiter Basis langsam in schmalen pfriemenförmigen Teil übergehend, ca. 4 mm lang, Blattrand glatt, nur der Blattspitze leicht gezähnht, schwach gesäumt, Perichätialblätter in ihrer Form sehr ähnlich, nur



FIGS. 64-70. — *Atractylocarpus stenocarpus* (Wils. in Seem.) Zander nach Wendland s.n. (Typus PC als *Leptotrichum costaricense*). 64 : Pflanze, Originalgrösse 22 mm, 65 : Blatt, Originalgrösse 4 mm, 66 : Blattspitze, 67 : untere Laminazellen, 68 : obere Laminazellen, 69.70 : Blattquerschnitt im unteren und oberen Teil. Massstrich = 50 µm.

kürzer; Rippe 180-225 µm breit, den pfriemenförmigen Teil des Blattes ganz ausfüllend, auf der Dorsalseite gekerbt, im Querschnitt mit relativ grosslumigen dorsalen Zellen und ventralen Stereiden nur in der Blattmitte, eine mediane Reihe aus 4-6 Deutern; basale Laminazellen dünnwandig, rechteckig, 62.1-92 x 13.8-23 µm, obere prosenchymatisch, 75.9-115 x 9.2-11.5 µm. Seta 8-18 mm lang, gold-gelb, aufrecht, schmal, besonders im oberen Teil leicht gedreht; Kapsel ca. 2.5 mm ohne Deckel, > 5x so lang wie breit, oft wenig dunkler als die Pflanze, aufrecht, zylindrisch, Exotheciumszellen gestreckt; Kapseldeckel lang geschnäbelt, ca. 1 mm lang; Anulus vorhanden; Peristomzähne fast bis zur Basis in 2 Schenkel gespalten, schmal lanzettlich, von der Spitze zur Basis dunkler werdend, Sporen ca. 14 µm; Kalyptra mit dunkler Spitze, die Kapsel ca. 2/3 bedeckend, kappenförmig.

Standort : auf morschem Holz, verbrannten Holzblöcken, an faulen Baumstämmen, auf Erde und auf Wurzeln von Eichen oder Kiefern.

Verbreitung : Honduras, Guatemala, Panama, Mexiko, Costa Rica, USA.

1. *Leptotrichum pinetorum* wurde von WILLIAMS als Synonym zu *A. flagellaceus* gestellt, gehört jedoch eindeutig zu *A. stenocarpus*.
2. Sterile Pflanzen von *A. stenocarpus* ähneln *A. longisetus*, sind aber durch den Rippenquerschnittt von *A. stenocarpus* mit weitlumigen dorsalen Zellen unterschieden.
3. Der Beleg aus USA (Missouri, Stoddard Country, Redfearn 27840 (hb Frahm) weicht durch sehr lange Seten von dem übrigen Material von *A. stenocarpus* ab. Die Ausbildung der langen Seten ist vermutlich auf den Standort an einer Quelle zurückzuführen.

Durchgesehenes Material : HONDURAS. F (11), NY (2). PANAMA Prov. Chiriqui, Salazar 466 (FLAS), Tyson 2445 (NY als *A. flagellaceus*). GUATEMALA. F (11), FLAS (3), NAM (1), NY (3), S (1), hb Frahm (2). COSTA RICA. F (2), FLAS (1), hb Frahm (1), JE (1), NY (3), PC (1), NY (1 als *Metzlerella longiseta*). MEXIKO. B (6), BM (9), EGR (2), F (7), FLAS (5), H (13), JE (1), NAM (1), NY (23) (3 als *A. flagellaceus*), PC (20) (2 als *A. flagellaceus*), S (9), hb Frahm (13). USA. Missouri, Stoddard Country, Redfearn 27840 (hb Frahm).

Zweifelhafte Arten

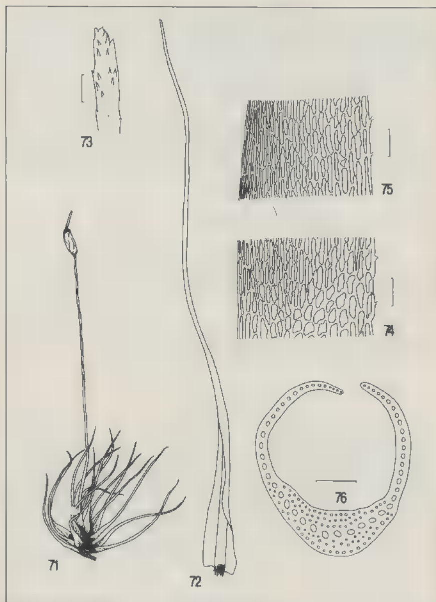
ATRACTYLOCARPUS NEOCALEDONICUS (Broth. et Par.) Williams, *Bryologist* 31 : 110 (1928).

Metzleria neocaledonica Broth. et Par., *Oefv. Förh. Finska Vetensk.-Soc.* 51A (17) : 5 (1909). *Metzlerella neocaledonica* (Broth. et Par.) Broth. in Engl. & Prantl, Nat. Pflanzenfam. ed. 2, 10 : 191 (1924).

Typus : Nov. Caledon. M. Dzumac, Le Rat s.n. (H, PC, S).

Abb : Figs 71-76.

Autözisch; aufrechte, in lockeren Rasen stehende Pflanzen, bis 11 mm hoch, mit Wurzelfilz, trocken gold-gelb; Blätter aufrecht, buschig gestellt, aus breiter



FIGS. 71-76. – *Atractylocarpus neocaledonicus* (Broth. et Par.) Williams nach Le Rat s.n. (Typus S). 71 : Pflanze, Originalgrösse 27 mm, 72 : Blatt, Originalgrösse 11 mm, 73 : Blattspitze, 74 : untere Laminazellen, 75 : obere Laminazellen, 76 : Blattquerschnitt, Massstrich = 50 µm.

Basis langsam in schmalen, langen, pfriemenförmigen Teil übergehend, 10-12 mm lang, Blattrand glatt, nur an der Blattspitze schwach gezähnt, gesäumt; Perichätialblätter in ihrer Form ähnlich, nur deutlich kleiner; Rippe 140-180 µm breit, den pfriemenförmigen Teil des Blattes nicht ganz ausfüllend, Rückseite glatt, im Querschnitt mit 3 Reihen ventraler Stereiden und einer medianen Reihe von 11-13 Deutern; Blattflügelzellen dickwandig, rotbraun, deutlich entwickelt; Laminazellen stark verdickt und stark getüpfelt, basale Laminazellen 35-80 x 7.5-10 µm, obere Laminazellen 32.5-62.5 x 5-7.5 µm. Seta ca. 25 mm lang, gold-gelb oder wenig dunkler, aufrecht, schmal, gedreht; Kapsel ohne Deckel ca. 2 mm lang, bräunlich, aufrecht, urnenförmig, symmetrisch; Kapseldeckel lang geschnäbelt; Anulus fehlend; Peristomzähne kurz, breit, tief in 2 meist ungleiche Schenkel gespalten; Sporen 20-22 µm.

Standort : nicht bekannt.

Verbreitung : Neu Kaledonien (endemisch).

A. neocaledonicus unterscheidet sich deutlich von allen übrigen *Atractylocarpus*-Arten durch stark verdickte und stark getüpfelte Laminazellen, rotbraune, dickwandige, deutlich entwickelte Blattflügelzellen, 20-22 µm grosse Sporen und eine den pfriemenförmigen Teil des Blattes nicht ganz ausfüllende Rippe mit 3 Reihen ventraler Stereiden. Es bleibt daher unklar, ob *A. neocaledonicus* zu *Atractylocarpus* gehört.

Durchgesehenes Material : NEU KALEDONIEN. Mt Koghis, Franc s.n. (JE, PC), Mt Dzumac, Le Rat 1270 (H, PC), 1279 (H); Doguy, 1100 m, Le Rat 1408 (H).

NOMINA NUDA

Atractylocarpus crispifolius Dix.
JAPAN. Prov. Gosumi, Mt Kirisima, Sasaoka 7073 (BM) = *Dicranodontium* spec.

Atractylocarpus brevisetus Dix.
JAPAN. Prov. Iosa, Mt Hohuogawa, Watanabe 9920 (BM), gehört nicht zu *Atractylocarpus*.

Atractylocarpus dentatus Dix.
UGANDA. Ruwenzori, Yaria, Scott-Elliot 238b (BM), gehört nicht zu *Atractylocarpus*.

DISKUSSION

Die Arten innerhalb der Gattung *Atractylocarpus* weisen bemerkenswert wenige spezifische Unterschiede auf, sie sind alle hinsichlich der Anatomie und Morphologie von Gametophyt und Sporophyt sehr ähnlich gebaut und weisen auch Übereinstimmungen hinsichtlich ihrer ökologischen Ansprüche auf.

Die Gametophyten von *Atractylocarpus* weisen kaum habituelle Unterschiede auf, die Blätter sind hinsichlich Form, Zellnetz und Rippenstruktur sehr

ähnlich. Spezifische Unterschiede bestehen nur hinsichtlich des Vorhandenseins oder Fehlens eines basalen Blattsaumes, der Länge der Pfriemenspitze, der Zahl der ventralen Stereiden im Rippenquerschnitt und der dorsalen Oberfläche der Rippe.



FIG. 77. – Verbreitung der Arten der Gattung *Atractylocarpus*. 1 : *Atractylocarpus alpinus*, 2 : *A. alticaulis*, 3 : *A. brasiliensis*, 4 : *A. comosus*, 5 : *A. longisetus*, 6 : *A. madagascariensis*, 7 : *A. nanus*, 8 : *A. patagonicus*, 9 : *A. stenocarpus*.

Beim Sporophyten erlauben nur die Länge der Kapsel, die Form der Exotheciumszellen, das Vorhandensein oder Fehlen eines Anulus und in geringem Masse die Ausbildung des Peristoms eine Differenzierung.

Innerhalb der Gattung *Atractylocarpus* weicht *A. stenocarpus* durch das Vorhandensein eines Anulus, eine sehr lange Kapsel und durch einen abweichenden Rippenquerschnitt mit grosslumigen dorsalen Zellen am meisten von allen anderen Arten ab, sodass man diese Art in ein eigenes Subgenus stellen könnte. Die übrigen Arten weisen nur geringe Unterschiede untereinander auf.

Übereinstimmung herrscht auch hinsichtlich der Standortansprüche. Es wird überwiegend Erdboden in alpinen Lagen besiedelt, seltener offene Standorte unterhalb der Waldgrenze, hier auch morsches Holz.

Die Verbreitung (Abb. 77) erstreckt sich nahezu über die ganze Erde. Dabei fällt auf, dass jedes Gebirgssystem durch eine eigene Art ausgezeichnet ist und übergreifende Areale nicht zu finden sind. Nur in den Anden kommen stellenweise 2 Arten nebeneinander vor. Eine auffällige Verbreitungslücke existiert in Nordamerika. Hier kommt lediglich *Atractylocarpus stenocarpus* an einer Stelle ausserhalb des eigentlichen Areals vor, ob als Relikt oder als Neuansiedlung, bleibt ungeklärt.

Die geringe morphologische Differenzierung und die übereinstimmenden Standortansprüche und das Vorkommen in Gebirgssystemen tertiären Alters lassen auf eine vergleichsweise junge artliche Differenzierung dieser Gattung schliessen, jedoch lassen sich auf Grund der geringen morphologischen Differenzierung und der weltweiten Verbreitung kaum Hypothesen über die phylogenetische Entwicklung dieser Gattung aufstellen.

Die infragenerischen Bezüge zwischen den hier unterschiedenen *Atractylocarpus*-Arten sind in Abb. 78 dargestellt. Diesem Dendrogramm liegt eine Cluster-Analyse zugrunde, die mit Hilfe eines Kleincomputers erstellt wurde (vgl. FRAHM & RETTIG in Druck). Die Cluster-Analyse basiert auf nahezu allen im Bestimmungsschlüssel benutzten Merkmalsausprägungen (Saum am Blattgrund, Blattspitze, Rippenquerschnitt, Rückseite der Rippe, Anulus, Kapsellänge, Peristom, Exotheciumszellen, Sporengrösse).

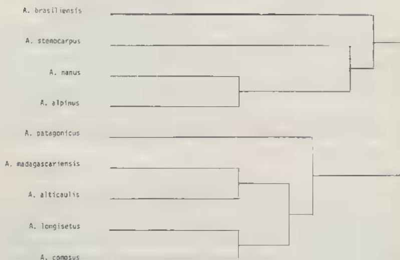


FIG. 78. — Dendrogramm der Korrelationen zwischen den Arten der Gattung *Atractylocarpus.*

LITERATURVERZEICHNIS

BARTRAM E.B., 1949 — Mosses of Guatemala. *Fieldiana, Bot.* 25.

BROTHERUS V.F., 1901 — Musci. *In* : Engler H. und Prantl K., Natürliche Pflanzenfamilien. Ed. 1. 1 (3). Leipzig.

BROTHERUS V.F., 1911 — Musci. *In* : MILDBREAD G., Wissenschaftliche Ergebnisse der Deutschen Zentral-Afrika-Expedition 1907-1908 unter Führung Adolph Friedrochs, Herzogs zu Mecklenburg, II Botanik. Leipzig.

BROTHERUS V.F., 1924 – Musci. *In* : ENGLER H. und PRANTL K., Natürliche Pflanzenfamilien. Ed. 2. 10. Leipzig.

DE SLOOVER J.L., 1973 – Note de byrologie africaine. *Bull. Jard. Bot. Natl. Belgique* 43 (3/4) : 333-348.

DIXON H.N., 1938 – Notes on the Moss Collections of the Royal Botanic Garden, Edinburgh. *Notes Roy. Bot. Gard. Edinburgh* 19 : 233-257.

GANGULEE H.C., 1971 – Mosses of Eastern Indian and Adjacent Regions. Calcutta.

HUSNOT T., 1891 – Muscologia Gallica. Cahan.

LIMPRICHT G., 1890 – Die Laubmoose Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. *In* : RABENHORST L., Kryptogamen Flora von Deutschlands... 4 (1). Leipzig.

NYHOLM E., 1956 – Illustrated Mossflora of Fennoscandia. Lund.

ROTH G., 1904 – Die Europäischen Laubmoose, Bd. 1. Leipzig.

VAN DER WIJK R. et al., 1959-1969 - Index Muscorum, vol. I-V. Utrecht.

CYPHELLAE-LIKE STRUCTURES AND PSEUDOCYPHELLAE OF *EVERNIA PRUNASTRI* (L.) ACH. AND *PSEUDEVERNIA FURFURACEA* (L.) ZOPF.

M.E. LEGAZ, A. DIVASSÓN and C. VICENTE *

SUMMARY. – *Evernia prunastri* possesses pseudocyphellae in both lower and upper cortex as the main pore structures. *Pseudevernia furfuracea* shows in the lower cortex cyphellae-like pores surronded by a very protruding rim composed by hyphae parallel to the thallus surface and, in addition, pseudocyphellae the rim of which is formed by the tips of hyphae perpendicular to the lichen surface.

INTRODUCTION

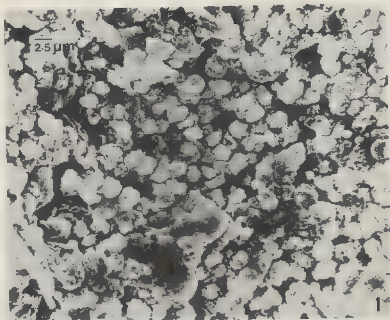
Cyphellae have been described as pores in the lower cortex of lichens enclosed by a well-defined rim formed by fungal hyphae growing according to a circular orientation and encircling a small crater-like depression (JAHNS 1973). Inside this depression, medullar hyphae crop out but they do not catch up the plane of the rim. Although the term cyphellae only is applied to these structures when they appear in Stictaceae, many other lichen species possess similar pores which are not fundamentally different in structure.

Pseudocyphellae are open in both lower and upper cortices as a protrusion of medullar hyphae which break down the cortex by forming a pore with an irregular shape with no definite margin (HALE 1981). In addition, epicortical pores are open through a thin polysaccharide sheet on the surface of many Parmeliaceae (PEVELING 1970, HALE 1981).

The most recent studies about gas exchange between the lichen and the atmosphere indicate that lower cortex play an essential role in this process as oppositing variable resistances to gas diffusion (SNELGAR et al. 1981). Cyphellae and pseudocyphellae increase the resistance to gas exchange when high values of thallus water potential are reached (GREEN & SNELGAR 1982). However, this resistance decreases following a progressive desiccation of the thallus.

In this work, we have investigated the existence of pore structures in *Evernia prunastri* and *Pseudevernia furfuracea* as the first step to study their system of gas exchange.

* Department of Plant Physiology. The Lichen Team. Faculty of Biology. Complutense University. 28040 Madrid –3–, SPAIN.



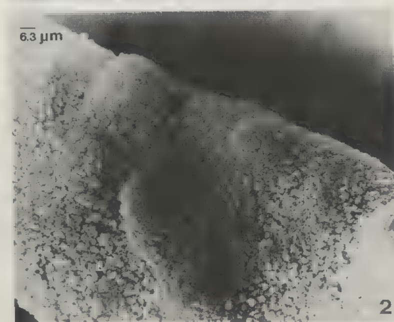


FIG. 1 - 2. — 1 : Upper cortex of *Evernia prunastri* in SEM view. — 2 : Upper cortex of *Pseudevernia furfuracea* in SEM view.

MATERIAL AND METHOD

Evernia prunastri (L.) Ach., growing on *Quercus rotundifolia* L. and *Pseudevernia furfuracea* (L.) Zopf, growing on *Pinus pinaster* L. were collected in Valsain (Segovia, Spain), dried in air-flow and stored in polythene bags at 4ºC in the dark until required.

Small pieces of thalli were dehydrate in an ethanol series, starting at 70 % to 100 %, and coated with fold-palladium approximately 100 Å of gold according to AHMADJIAN & JACOBS (1981). Specimens were examined in a Jeol JSM-50A scanning electron microscope.

RESULTS AND DISCUSSION

The surface of both *E. prunastri* and *P. furfuracea* is revealed as very roughly sculptured and composed by the ends of perpendicular hyphae which are resolved with magnification higher than 400x (Figs.1 and 2).

E. prunastri shows small apertures in the upper cortex formed by a mass of hyphal tips which protrude through the lichen surface remaining surrounded by an irregular and lower rim which has its origin in the broken cortex (Fig. 3). The packets of medullar hyphae remain over the plane of the cortex surface as a group of individualized structures without any covering. These protuberances can be considered as pseudocyphellae since they leave out naked the medulla (DES ABBAYES 1951) and they are almost identical to those described by HALE (1981) for several species of Parmealiaceae including, according to BELTMAN (1978), Usneaceae, formed, presumably, after disintegration of the cortex.

Cyphellae-like structures have been seen in the lower cortex of *P. furfuracea* (Fig. 4). They are formed by packets of parallel hyphae which are cemented in their sheets. They grow in a circular way forming a protruding rim which defines the limits of the pore. On this rim, individual hyphae are finished at different levels (Fig. 5). A marked, central depression contains the tips of many medullar hyphae and some adherents but in any case surpass the superficial plane of the hole (Figs. 4 and 5). They comply all the structural and morphological conditions to be considered as true cyphellae but this name is only applied to similar pores in the lower cortex of the foliose genus *Sticta* (JAHNS 1973). Thus, we prefer to describe those as cyphellae-like pores.

However, *P. furfuracea* also possesses in the lower cortex pores which have some different morphological characteristics. Although they are formed by a central depression similar to that seen in the cyphellae-like pores, in the bottom of which terminal segments of medullar hyphae can be observed (Fig. 6), the rim that defines this depression is exclusively formed by the arranged tips of perpendicular hyphae to the plane of the lichen thallus, identical, but not homogeneously distributed, to those that form the continuous structure of the cortex instead of a rim formed by hyphae parallel to this surface. These pores are similar to those also classified as pseudocyphellae by JAHNS (1973) and found by

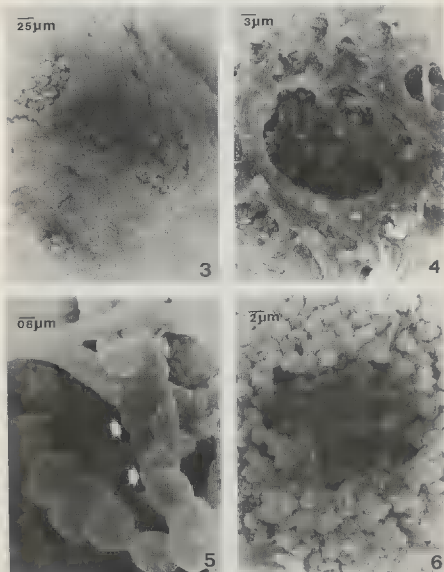


FIG. 3 - 6. — 3 : Pseudocyphellae-like structures in the upper cortex of *E. prunastri*. 4 : Cyphellae-like pores in the lower cortex of *P. furfuracea*. 5 : Magnification of a cyphellae-like structure of *P. furfuracea*. Arrows show the ends of parallel hyphae forming the rim of the pore. 6 : Aeration pore in the lower cortex of *P. furfuracea*.

PEVELING (1970) in several lichen species or those described by HENSSEN and JAHNS (1973) in *Parmelia aspidota*.

ACKNOWLEDGEMENTS. – We are grateful to Prof. B. Fernández and to Dr. C. Ascaso by the facilities to use their equipments. This work was supported by a grant from the CAICYT (Spain) No. 0365 C02 02.

REFERENCES

AHMADJIAN V., JACOBS W.P., 1981 – Relationship between fungus and alga in the lichen *Cladonia cristatella* Tuck. *Nature* 289 : 169-172.

BELTMAN H.A., 1978 – Vegetative Strukturen der *Parmeliaceae* und ihre Entwicklung. *Biblioth. Lichenol.* 11 : 1-193.

DES ABBAYES H., 1951 – Traité de Lichénologie.Paris : Lechevalier.

GREEN T.G.A., SNELGAR W.P., 1982 – Carbon dioxide exchange in lichens : relationship between the diffusive resistance of carbon dioxide and water vapour. *Lichenologist* 14 : 255-260.

HALE M.E., 1981 – Pseudocyphellae and pored epicortex in the Parmeliaceae : their delimitation and evolutionary significance. *Lichenologist* 13 : 1-10.

HENSSEN A., JAHNS H.M., 1973 – Lichenologie, eine Einführung in die Flechtenkunde. Stuttgart : Thieme. P. 62.

JAHNS H.M., 1973 – Anatomy, morphology and development. *In* : AHMADJIAN V. & HALE M.E. The Lichens. New York and London : Academic Press. Pp. 3-58.

PEVELING E., 1970 – Die Darstellung der Oberflächenstrukturen von Flechten mit dem Raster- Elektronmikroscop. *Vortr. Gesantgeb.* N.F. 4 : 89-101.

SNELGAR W.P., GREEN T.G.A., BELTZ C.K., 1981 – Carbon dioxide exchange in lichens: estimation of internal thallus CO_2 transport resistances. *Physiol. Pl. (Copenhagen)* 52 : 417-422.

FACTORS AFFECTING BUD INDUCTION IN THE MOSS *CAMPYLOPUS RICHARDII* BRID.

POONAM SHARMA and R.N. CHOPRA *

ABSTRACT. — The protonema of *Campylopus richardii* remains bud-free on Nitsch's basal medium. Sucrose and auxins (2,4-D, IAA, NAA and NOA) promote protonemal growth, but are ineffective in inducing buds. Cytokinins (BAP, 2iP and kinetin) suppress protonemal growth. Buds are induced by BAP and 2iP, whereas kinetin fails to do so. Some buds develop into gametophores at 10^{-6}M BAP. Buds are also induced by the interaction of IAA with kinetin and BAP, but these do not develop into gametophores.

INTRODUCTION

The protonemata of mosses have been extensively employed for studies on differentiation. Formation of caulonema from chloronema, and initiation of three-dimensional buds on caulonema are clearly distinguishable steps. Mosses vary in their response to growth regulators, and at times the same response is evoked by different treatments. Auxins, gibberellins and cytokinins induce buds, and also increase their number under normal cultural condition (*see* CHOPRA 1981). Chelates induce buds in some mosses like *Anoectangium thomsonii* (CHOPRA & RASHID 1969b, SAXENA & RASHID 1980), which otherwise remain bud-free.

The protonema of *Campylopus* remains bud-free on basal medium.Its response to sucrose, auxins, cytokinins, and interaction of IAA with two cytokinins (BAP and kinetin) has been studied, and the results are presented in this communication.

MATERIAL AND METHODS

Campylopus richardii Brid. is a dioicous moss of the family Dicranaceae. It was collected during November 1982 from Ootacamund, S. India. Mature, undehisced capsules were surface-sterilized with chlorinated water for 2-3 minutes and washed repeatedly with sterile distilled water. These were crushed on a sterile slide and spores were planted on semisolid medium. The medium comprised Knop's mineral salts (diluted by one half), Nitsch's trace elements (*see*

* Department of Botany, University of Delhi, Delhi 110007, India.

NITSCH & NITSCH 1956), ferric citrate (10 mg/l), sucrose (2 %) and agar (0.8 %). The medium was autoclaved at 1.06 kg pressure cm^{-2} for 15 minutes. pH of the medium was adjusted to 5.8 before autoclaving. One of the cultures was selected, and its protonema was multiplied. All experiments were performed on protonema derived from this stock. In general, cultures were maintained in controlled conditions of continuous light (3500-4000 lux) obtained from a combination of incandescent bulbs and fluorescent tubes, and temperature (25 ± 2° C).

Cultures were supplemented with different concentrations of surcrose (0,5, 1, 2 and 4 %). The growth regulators added were IAA (indole-3-acetic acid), 2,4-D (2,4-dichlorophenoxyacetic acid), NAA (naphthaleneacetic acid), NOA (naphthoxyacetic acid), kinetin (6-furfurylaminopurine), BAP (benzylaminopurine), 2iP (2-isopentenyl adenine). All these were tested at five levels : 10^{-8}, 10^{-7}, 10^{-6}, 10^{-5} and 10^{-4}M. In order to investigate the effect of IAA-cytokinin interaction, two concentrations of BAP and kinetin (10^{-6} and 10^{-5}M) were added together with different levels of IAA ranging from 10^{-8} to 10^{-5}M. For various experiments, 25-day-old protonema growing on basal medium was employed. The diameter of protonemal patch was measured after 30 days, and buds were counted after 45 days. Twelve replicates were maintained for each treatment and all experiments were repeated at least once.

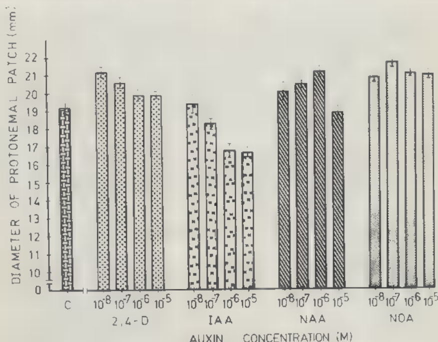


FIG. 1. — Effect of auxins on protonemal growth in *Campylopus richardii*. Mean and standard errors are from 12 replicates. Data from 30-day-old cultures.

RESULTS

The protonema of *Campylopus* differentiates into chloronema and caulonema and exhibits a 'heterotrichous habit' with well developed prostrate and erect systems. The effect of various supplements on protonemal growth and bud formation is described below :

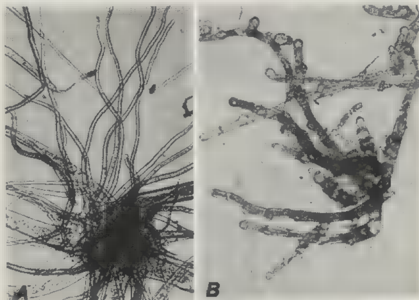
SUCROSE

Sucrose enhanced protonemal growth, 2 % being optimal. At this level the diameter was 19.18 mm, and the erect system was well-developed. At 4 % the diameter was 18.2 mm, whereas in control cultures (without sucrose) it was 16 mm. At 0, 0.5 and 1 % sucrose the prostrate system was sparsely branched.

AUXINS

The auxins (2,4-D, IAA, NAA and NOA) were added individually to the medium. Cultures raised on basal medium served as control. Except with 2,4-D, negligible regeneration took place at 10^{-4}M and, therefore, the data of this level have been omitted in Fig. 1. At 10^{-4}M 2,4-D diameter of protonemal patch was 18.16 mm as compared to 19.2 mm in the control cultures.

2.4-D. – It promoted protonemal growth at 10^{-8} - 10^{-5}M, but diameter of the patch decreased with increase in concentration of 2,4-D.



Pl.1.– *Campylopus richardii* Brid. A : Rhizoid-like filaments formed on medium supplemented with 10^{-6}M NAA X 125. B : Caulonema with abnormal cells on medium supplemented with 10^{-8}M kn X 104. (A, B from 45-day-old cultures).

IAA. – The lowest concentration (10^{-8}M) slightly promoted growth, the rest proved inhibitory. At 10^{-6} and 10^{-5}M, protonema was brownish-green, sparsely branched and the erect filaments were not formed.

NAA. – Protonemal growth was promoted at 10^{-8}, 10^{-7} and 10^{-6}M; 10^{-6}M being optimal. At 10^{-6} and 10^{-5}M, NAA induced the formation of numerous narrow, rhizoid-like filaments with very few chloroplasts (Pl. 1A).

NOA. – Protonemal growth was promoted by NOA at 10^{-8} - 10^{-5}M; 10^{-7}M being optimal. The erect system was well-developed at all concentrations tried, except 10^{-4}M. With NOA at 10^{-6} and 10^{-5}M, the appearance of protonemal filaments was the same as with NAA at these levels.

Thus, of all the auxins tried, NOA is most effective in promoting growth, and it is followed by NAA and 2,4-D. IAA is in general inhibitory.

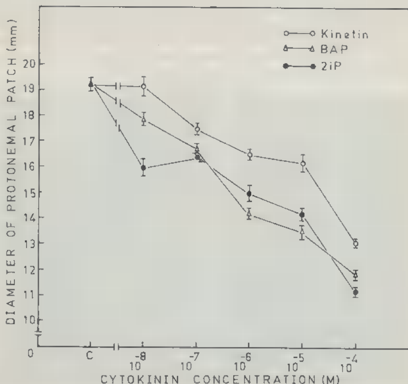


FIG. 2.– Effect of cytokinins on protonemal growth in *Campylopus richardii*. Mean and standard errors are from 12 cultures. Data from 30-day-old cultures.

CYTOKININS

The medium was supplemented with three cytokinins (BAP, 2iP and kinetin) individually. Medium without cytokinins served as control. Effect of cytokinins on protonemal growth has been shown in Fig. 2.

BAP. – Protonemal growth was suppressed by BAP. Erect system was observed only at lower concentrations (10^{-8} and 10^{-7}M). At 10^{-6} and 10^{-5}M buds appeared in all cultures after 37 days, whereas at 10^{-4}M they were observed after 35 days (Fig. 3). Maximum buds were formed at 10^{-5}M followed by 10^{-6} and 10^{-4}M, but these were stunted. The buds formed at 10^{-5} and 10^{-4}M BAP failed to develop into gametophores, but at 10^{-6}M BAP a few developed into short gametophores.

2iP – It suppressed protonemal growth, and at 10^{-4}M inhibition was most pronounced. Erect filaments were less developed at all the tried concentrations. A few buds were observed after 58 days at 10^{-7} and 10^{-6}M, and after 60

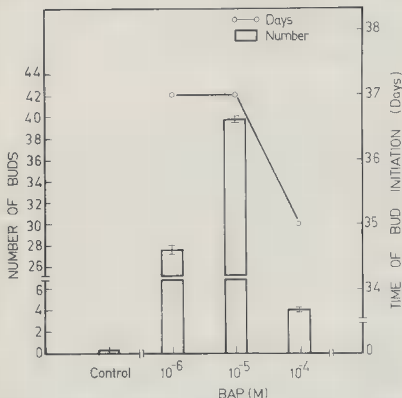


FIG. 3. – Effect of BAP on number and time of bud initiation in *Campylopus richardii*. Mean and standard errors are from 12 cultures. Data from 45-day-old cultures.

days at 10^{-5}M. The percentage of cultures showing response was 57 at 10^{-7}M as compared to 28 and 26 at 10^{-6} and 10^{-5}M, respectively. These buds did not develop into gametophores.

Kinetin. – At 10^{-7} - 10^{-4}M kinetin was inhibitory for protonemal growth. Area of the patch decreased linearly with increase in its concentration. At 10^{-8}M, kinetin had no appreciable effect on protonemal growth, but in some cultures caulonemal cells became brown, and showed spherical, thick-walled cells (Pl. 1B). Kinetin failed to induce buds even after 60 days.

Treatment (M)	Diameter of protonemal patch (mm)	Number of buds	Time of bud initiation (days)
10^{-8} IAA + 10^{-6} Kn	14.77±0.40	3± 1	32
10^{-7} " + "	12.90±0.23	73± 8	28
10^{-6} " + "	10.82±0.34	30± 3	32
10^{-5} " + "	9.14±0.33	11± 1	32
10^{-8} " + 10^{-5} Kn	13.25±0.45	4± 1	35
10^{-7} " + "	15.16±0.40	5± 1	35
10^{-6} " + "	12.16±0.47	66± 6	32
10^{-5} " + "	11.09±0.28	7± 3	35
10^{-6}M Kn	15.57±0.48	*	*
10^{-5}M Kn	15.25±0.64	*	*

TAB. I. – Effect of IAA-Kinetin interaction on protonemal growth and bud number in *Campylopus richardii*. Mean values and standard errors are from 12 replicates. For protonemal growth data from 30-day-old cultures, and for number of buds data from 45-day-old cultures.
* Buds not formed.

Treatment (M)	Diameter of protonemal patch (mm)	Number of buds	Time of bud initiation (days)
10^{-8} IAA + 10^{-6} BAP	22.66±0.33	15± 2	32
10^{-7} " + "	20.12±0.61	41± 4	28
10^{-6} " + "	11.22±0.64	21± 2	34
10^{-5} " + "	8.33±0.42	3± 1	34
10^{-8} " + 10^{-5}BAP	15.50±0.53	5± 0	33
10^{-7} " + "	15.30±0.29	6± 2	33
10^{-6} " + "	11.00±0.56	20± 2	30
10^{-5} " + "	7.51±0.57	7± 1	30
10^{-6}M BAP	13.00±0.33	28± 3	37
10^{-5}M BAP	11.91±0.30	40± 3	37

TAB. II. – Effect of IAA-BAP interaction on protonemal growth and bud number in *Campylopus richardii*. Mean values and standard errors are from 12 replicates. For protonemal growth data from 30-day-old cultures, and for number of buds data from 45-day-old cultures.

IAA - KINETIN INTERACTION

Effect of IAA (10^{-8} - 10^{-5}M) in combination with kinetin (10^{-6} and 10^{-5}M) was studied on protonemal growth and bud formation. Results are summarized in Tab. I. Co-addition of IAA and kinetin reduced the area of protonemal patch as compared to that on media containing either kinetin or IAA. With 10^{-6} and 10^{-5}M kinetin and high concentration of auxin (10^{-5}M) there was very little growth, and protonema was abnormal. Buds were formed with all combinations. Maximum buds appeared on the medium containing 10^{-7}M IAA + 10^{-6}M Kn followed by 10^{-6}M IAA + 10^{-5}M Kn. However, these buds did not develop into gametophores. At 10^{-5}M IAA + 10^{-6}M Kn and 10^{-5}M IAA + 10^{-5}M moruloid buds were formed.

IAA - BAP INTERACTION

BAP at 10^{-7} and 10^{-6}M was tried in combination with 10^{-8} - 10^{-5}M IAA. Results are summarized in Table II. BAP in combination with IAA had no significant effect on protonemal growth and bud number, though with some combinations (10^{-8}M IAA + 10^{-6}M BAP and 10^{-7}M IAA + 10^{-6}M BAP) protonemal growth was promoted. Buds were formed with most combinations, but these did not develop into gametophores. BAP at 10^{-6} and 10^{-5}M in combination with 10^{-5}M IAA resulted in the formation of callus-like masses, and protonema was also abnormal.

DISCUSSION

Under normal conditions differentiation of caulonema is a prerequisite for bud formation (BOPP 1959). However, in *Campylopus* no buds are observed on basal medium even though caulonema differentiation takes place. This observation supports the assumption of NEBEL & NAYLOR (1968) that protonemal growth and bud initiation are two independent processes, and the latter requires a threshold concentration of bud forming substance/s.

The suitability of sugars for supporting vegetative growth differs in different species. BOPP & BRANDES (1964) and HATANAKA-ERNST (1966) emphasized the role of sucrose in bud induction in *Funaria*. On the other hand, LARPENT–GOURGAUD (1969) postulated that sugars do not play any role in bud initiation. In *Campylopus* protonemal growth is promoted by sucrose, but buds fail to appear in its presence.

Auxins stimulate bud formation at low levels, whereas high concentrations are inhibitory in *Funaria hygrometrica* (SZWEYKOWSKA 1962, SOOD & HACKENBERG 1979), *Tortella caespitosa* (GORTON & EAKIN 1957), *Anoectangium thomsonii* (CHOPRA & RASHID 1969a) and *Timmiella anomala* (CHOPRA & REKHI 1980). HATANAKA-ERNST (1966) reported that IAA induced buds in a bud-free mutant of *Funaria hygrometrica*, proving thereby that endogenous IAA is involved in bud formation. In *Campylopus* none of the auxins tried is able to induce buds, but NAA and NOA at 10^{-6} and 10^{-5}M result in the for-

mation of many rhizoid-like filaments. A similar response was observed by SPIESS et al. (1973) in *Pylaisiella selwynii* with IAA at lower concentrations (10^{-12} - 10^{-14}M).

The most striking effect of cytokinins is the induction of buds on moss protonema (MITRA & ALLSOPP 1959, BOPP 1963, JAHN 1964). In *Ceratodon purpureus* (SZWEYKOWSKA & MAĆKOWIAK 1962), *Anoectangium thomsonii* (CHOPRA & RASHID 1969a), *Pylaisiella selwynii* (SPIESS et al. 1971), *Pogonatum aloides* (SOOD 1972) and *Microdus miquelianus* (NAIR & RAGHAVAN 1976) buds are initiated only with cytokinin treatment. *Campylopus* responds differently to cytokinins. Buds are induced by BAP and 2iP, but not with kinetin. With BAP buds are formed at 10^{-6} - 10^{-4}M, whereas 2iP is effective at 10^{-7} - 10^{-5}M. Moreover, with 2iP the percentage of responding cultures is less, and the number of buds is also reduced. Kinetin at 10^{-8}M results in the formation of abnormal caulonemal filaments.

Kinetin and IAA are known to act synergistically (CHOPRA & RASHID 1969a, CHOPRA & REKHI 1980, SOOD & HACKENBERG 1979). In *Pogonatum aloides* (SOOD 1976) and *Hyophila involuta* (RAHBAR & CHOPRA 1982) buds are initiated only by the interaction of kinetin with IAA, as also in *Campylopus*. The work of ASHTON et al. (1979) on a mutant of *Physcomitrella patens* reveals that both endogenous auxins and cytokinins are likely to play interdependent roles in gametophytic development. In vitro the endogenous concentration of auxin and kinetin in *Campylopus* seems to be lower than that required for bud formation and, therefore, an exogenous supply in appropriate combination is needed.

The interaction of BAP and IAA has no significant effect on bud number in *Campylopus*, although protonemal growth is promoted at lower concentrations of auxins (10^{-8} and 10^{-7}M) with 10^{-6}M BAP. Buds are formed with all combinations. This is in contrast to the observation on *Hyophila involuta* (RAHBAR & CHOPRA 1982) in which the interaction of BAP and IAA does not induce buds. Auxin in combination with cytokinin promotes the development of buds into gametophores in *Anoectangium thomsonii* (CHOPRA & RASHID 1969a), but in *Campylopus*, co-addition of IAA and BAP inhibits, whereas BAP alone at 10^{-6}M promotes the development of buds into gametophores. At higher concentrations of IAA (10^{-5}M) and BAP (10^{-6} and 10^{-5}M), callus-like masses are formed.

Detailed investigations on bud induction have so far been conducted on very few mosses, and should be extended to as many taxa as possible in order to know if there are any group responses. Furthermore, efforts should be made to estimate the endogenous levels of various metabolites at various stages of development in order to correlate the response with the treatment.

ACKNOWLEDGEMENT. — We are thankful to Prof. Z. Iwatsuki for determination of the moss, and to the Council of Scientific and Industrial Research (C.S.I.R.), New Delhi, for financial assistance to one of us (PS).

REFERENCES

ASHTON N.W., GRIMSLEY N.H., COVE D.J., 1979 – Analysis of gametophytic development in the moss, *Physcomitrella patens*, using auxin and cytokinin resistant mutants. *Planta* 144 : 427-435.

BOPP M., 1959 – Versuche zur Analyse von Wachstum und Differenzierung des Laubmoosprotonemas. *Planta* 53 : 178-197.

BOPP M., 1963 – Development of the protonema and bud formation in mosses. *J. Linn. Soc. Bot.* 58 : 305-309.

BOPP M., BRANDES H., 1964 – Versuche zur Analyse der Protonemaentwicklung der Laubmoose. II. Über den Zusammenhang zwischen Protonemadifferenzierung und Kinetinwirkung bei der Bildung von Mossknospen. *Planta* 62 : 116-136.

CHOPRA R.N., RASHID A., 1969a – Auxin-cytokinin interaction in shoot-bud formation of a moss : *Anoectangium thomsonii* Mitt. *Z. Pflanzenphysiol.* 61 : 192-198.

CHOPRA R.N., RASHID A., 1969b – Induction of shoot-buds in *Anoectangium thomsonii* Mitt. by a metal chelate, Fe-EDDHA. *Z. Pflanzenphysiol.* 61 : 199-202.

CHOPRA R.N., REKHI A., 1980 – Studies on protonemal differentiation and bud formation in the moss *Timmiella anomala*. *Phytomorphology* « 1979 » 1980, 29 : 179-184.

CHOPRA R.N., 1981 – Some aspects of morphogenesis in bryophytes. *In* : D.C. BHARADWAJ, Recent advances in Cryptogamic Botany. Lucknow : Palaeobotanical Institute. Pp. 190-201.

GORTON B.S., EAKIN R.E., 1957 – Development of the gametophyte in the moss *Tortella caespitosa*. *Bot. Gaz. (Crawfordsville)* 119 : 31-38.

HATANAKA-ERNST M., 1966 – Entwicklungsphysiologische Untersuchungen an strahleninduzierten Protonemamutanten von *Funaria hygrometrica* Sibth. *Z. Pflanzenphysiol.* 55 : 259-277.

JAHN H., 1964 – Die Wirkung von Blaulicht und Kinetin auf die Protonemaentwicklung und Knospenbildung von *Funaria hygrometrica* Sibth. *Flora* 155 : 10-29.

LARPENT-GOURGAUD M., 1969 – Déterminisme de la ramification et du bourgeonnement chez le protonéma des Bryales. *Ann. Sci. Nat. Bot.*, sér. 12, 10 : 1-102.

MITRA G.C., ALLSOPP A., 1959 – Effects of kinetin, gibberellic acid and certain auxins on the development of shoot buds on the protonema of *Pohlia nutans* (Hedw.) Lindb. *Nature* 183 : 974-975.

NAIR H., RAGHAVAN V., 1976 – Cytokinin induced bud formation in *Microdus miquelianus*. *Bryologist* 79 : 495-499.

NEBEL B.J., NAYLOR A.W., 1968 – Light, temperature and carbo-hydrate requirements for shoot-bud initiation from protonemata in the moss *Physcomitrium turbinatum*. *Amer. J. Bot.* 55 : 38-44.

NITSCH J.P., NITSCH C., 1956 – Auxin dependent growth of excised *Helianthus tuberosus* tissues. *Amer. J. Bot.* 43 : 839-851.

RAHBAR K., CHOPRA R.N., 1982 – Factors affecting bud induction in the moss *Hyophila involuta*. *New Phytol.* 91 : 501-505.

SAXENA P.K., RASHID A., 1980 – Differentiation of bud-cells on the protonema of the moss *Anoectangium thomsonii*. Effect of aspirin and salicylic acid. *Z. Pflanzenphysiol.* 99 : 187-189.

SOOD S., 1972 – Experimental studies on some Indian bryophytes. Ph.D. Thesis, Univ. Delhi, Delhi, India.

SOOD S., 1975 – Morphogenetic studies on *Pogonatum aloides*. *Beitr. Biol. Pfl.* 51 : 99-110.

SOOD S., HACKENBERG D., 1979 — Interaction of auxin, antiauxin and cytokinin in relation to the formation of buds in moss protonema. *Z. Pflanzenphysiol.* 91 : 385-397.

SPIESS L.D., LIPPINCOTT B.B., LIPPINCOTT J.A., 1971 — Development and gametophore initiation in the moss *Pylaisiella selwynii* as influenced by *Agrobacterium tumefaciens. Amer. J. Bot.* 58 : 726-731.

SPIESS L.D., LIPPINCOTT B.B., LIPPINCOTT J.A., 1973 — Effect of hormones and vitamin B_{12} on gametophore development in the moss *Pylaisiella selwynii. Amer. J. Bot.* 60 : 708-716.

SZWEYKOWSKA A., 1962 — The effects of kinetin and IAA on shoot development in *Funaria hygrometrica* and *Ceratodon purpereus. Acta Soc. Bot. Pol.* 31 : 553-557.

SZWEYKOWSKA A., MAĆKOWIAK A., 1962 — On the development of gametophytes in *Funaria hygrometrica* and *Ceratodon purpureus* in liquid cultures. *Acta Soc. Bot. Pol.* 31 : 269-274.

Cryptogamie, Bryol. Lichénol. 1985, 6, 4 : 359-377

CINETIQUE DE LA FIXATION ET DE LA DESORPTION D'UN MELANGE DE COBALT 60, DE CHROME 51, DE CESIUM 137, DE MANGANESE 54 ET DE SODIUM 22 PAR *CHILOSCYPHUS POLYANTHOS* (L.) CORDA IN OPIZ

A. MAUREL-KERMARREC[1], M. PALLY[1], L. FOULQUIER[1] ET J.P. HÉBRARD [2]

RÉSUMÉ. – Les auteurs étudient la fixation d'un mélange de ^{60}Co, ^{51}Cr, ^{137}Cs, ^{54}Mn et ^{22}Na, par une hépatique dulçaquicole, *Chiloscyphus polyanthos*. Les ^{60}Co, ^{51}Cr et ^{54}Mn sont fixés très rapidement et en quantité importante par les hépatiques. Un état d'équilibre entre la teneur en radionucléide des végétaux et celle de l'eau est atteint après un jour d'exposition à la contamination pour le ^{60}Co et le ^{54}Mn et trois jours pour le ^{51}Cr ; ces temps sont suffisants pour que les hépatiques fixent respectivement 96, 97 et 90 % de la quantité de radioélément introduite. Pour le ^{137}Cs, un état d'équilibre est atteint après un jour d'exposition à la contamination, mais les hépatiques ne retiennent que 28,1 % de l'activité introduite. Ce pourcentage est voisin de 14 pour le ^{22}Na après vingt-huit jours d'expérience, temps au bout duquel l'équilibre n'est toujours pas observé. Le facteur de concentration moyen calculé à l'équilibre en fonction du poids sec est voisin de 48000 pour le ^{60}Co, 8000 pour le ^{51}Cr et 330 pour le ^{137}Cs. Pour le ^{22}Na, ce facteur est voisin de 130 en fin d'expérience.

Des hépatiques contaminées par ce mélange de radionucléides et immergées dans de l'eau inactive perdent environ 27 % de leur activité en ^{60}Co en un jour, 63 % en six jours pour le ^{51}Cr, 48 % en deux jours pour le ^{137}Cs, 28 % en un jour pour le ^{54}Mn et 67 % en vingt-sept jours pour le ^{22}Na. Les cinétiques de désorption permettent de déterminer respectivement une période effective voisine de 3 heures pour le ^{60}Co et le ^{54}Mn et de 17 jours pour le ^{22}Na ; pour le ^{51}Cr et le ^{137}Cs on distingue deux périodes qui sont respectivement de l'ordre de 3 à 97 heures pour le chrome et 3 à 60 heures pour le césium.

SUMMARY. – The authors studied the uptake of a mixture containing ^{60}Co, ^{51}Cr, ^{137}Cs, ^{54}Mn and ^{22}Na by a freshwater liverwort, *Chiloscyphus polyanthos*. Uptake of ^{60}Co, ^{51}Cr and ^{54}Mn occured rapidly and in large amounts. A balance of radioactivity levels between plant material and water was obtained after one day of exposure for ^{60}Co and ^{54}Mn and after three days for ^{51}Cr; the exposure periods were sufficient for the liverworts to take up 96, 97 and 90 % respectively, of the available radioactivity. For ^{137}Cs, equilibrium was reached after a 1-day exposure, but the liverworts retained only 28,1 % of

1 : C.E.A. - I.P.S.N. - D.E.R.S. - S.E.R.E. - S.R.T.C.M. - L.R.E.C. - C.E.N. Cadarache - B.P. n° 1 - 13115 Saint-Paul-Lez-Durance - France.

2 : Laboratoire de Botanique et d'Ecologie Méditerranéenne, Faculté des Sciences et Techniques de Saint-Jérôme - 13397 Marseille Cédex 13 - France.

the radioactivity which had been introduced into the water. The corresponding percentage for ^{22}Na was approximatively 14 % after 28 days of experimentation, but equilibrium was not yet observed after this period of time. The mean concentration factor (based on dry weight) computed at equilibrium was about 48000 for ^{60}Co, 8000 for ^{51}Cr and 330 for ^{137}Cs. The concentration factor for ^{22}Na was about 130 at the end of the experimentation.

Liverworts contamined by this mixture of radionuclides and then placed into inactive water lost about 27 % of their ^{60}Co activity in one day, 63 % in six days for ^{51}Cr, 48 % in two days for ^{137}Cs, 28 % in one day for ^{54}Mn and 67 % in twenty-seven days for ^{22}Na. On the basis of the observed desorption kinetics, an effective biological half-life of about 3 hours can be postulated for ^{60}Co and ^{54}Mn, and of about 17 days for ^{22}Na. For ^{51}Cr and ^{137}Cs, two biological half-lifes may be distinguised : 3 and 97 hours for chromium, 3 and 60 hours for cesium.

INTRODUCTION

Dans un objectif de contrôle, la recherche de bioindicateurs, donc le choix des organismes étudiés, revêt une grande importance. Des travaux antérieurs ont montré que les mousses aquatiques présentent à cet égard un très grand intérêt du fait de leur forte capacité et de la vitesse de fixation de certains radionucléides et métaux, de leur biogéographie et de leur facilité de prélèvement (DESCY & EMPAIN 1981 ; EMPAIN 1976 a, b, 1977 ; EMPAIN et al. 1980 ; FOULQUIER & HÉBRARD 1976 ; HÉBRARD & FOULQUIER 1975 ; HÉBRARD et al. 1968, 1972 ; KIRCHMANN & LAMBINON 1973 ; KIRCHMANN et al. 1974 ; MAUREL-KERMARREC et al. 1983 ; MOLCHANOVA & BOCHENINA 1980 ; MOUVET 1978, 1980, 1983 a, b). Ceci est-il vrai pour d'autres bryophytes ? Pour tenter de répondre à cette question, nous avons poursuivi nos expérimentations radioécologiques avec une hépatique dulçaquicole, *Chiloscyphus polyanthos* (L.) Corda in Opiz. Elle est répandue en plaine et en montagne (à l'exception des hautes altitudes), dans des stations généralement bien éclairées, tant sur substrat siliceux que calcaire. Cette espèce présente une large répartition notamment en Europe où on la trouve à peu près dans tous les pays ; elle colonise surtout les rochers et les pierres au bord de l'eau, quelquefois le sol ou le bois humides. Elle peut vivre immergée dans les ruisseaux et les fleuves aux eaux non ou peu polluées, acides ou alcalines, quelquefois dans les étangs et les lacs (ARNELL 1956, AUGIER 1966, BOULAY 1904, DÜLL 1980, 1983, LANDWEHR 1980, MACVICAR 1971, MÜLLER 1951-1954).

Nous n'avons trouvé, dans la littérature internationale consacrée à la radiocontamination des végétaux d'eau douce, aucun travail relatif aux hépatiques ; pourtant, ces bryophytes présentent un intérêt particulier, car elles diffèrent des mousses, non seulement par des caractères anatomiques importants (entre autres, abondance d'oléocorps dans les cellules de nombreuses espèces) mais également par leur biochimie puisque d'après SUIRE (1975), elles semblent les seules muscinées capables de synthétiser les monoterpènes et les sesquiterpènes.

Dans les cours d'eau, du fait des retombées radioactives provenant des explosions atomiques aériennes ou du fait des rejets liquides des installations nucléaires, les organismes aquatiques sont soumis à des niveaux de radio-contamina-

tion variables. Les végétaux aquatiques qui peuvent « enregistrer » rapidement l'impact de ces deux sources de radionucléides prendront toute leur valeur indicatrice si nous connaissons à la fois les processus de fixation et de désorption des polluants. C'est pourquoi, nous nous proposons d'étudier ces phénomènes pour certains radionucléides. Ces derniers ont été choisis en fonction de leurs caractéristiques radioactives et de leur intérêt biologique (MAUREL-KERMARREC et al. 1983). Le ^{60}Co, le ^{51}Cr, le ^{137}Ca et le ^{54}Mn constituent des éléments importants, présents dans les effluents liquides des réacteurs à eau pressurisée (R.E.P.), filière nucléaire actuellement la plus développée en France. Nous avons ajouté le ^{22}Na comme isotope du sodium présent dans la filière des surgénérateurs, promise à une extension future. Ces cinq radionucléides sont émetteurs de rayonnement γ et présentent une période physique suffisamment longue pour permettre leur détection en spectrométrie γ Ge-Li. Le mélange est alors constitué à 50 % de ^{60}Co, 20 % de ^{51}Cr, 10 % de ^{137}Cs, 10 % de ^{54}Mn et 10 % de ^{22}Na, ceci afin de respecter au mieux les proportions trouvées dans des rejets et pour que les radionucléides soient détectables dans les organismes.

PROTOCOLE EXPERIMENTAL

Nous avons utilisé, pour l'ensemble des bacs expérimentaux, une eau de composition chimique connue et stable, dont l'analyse a été précisée dans une publication antérieure (MAUREL-KERMARREC et al. 1983). Nous remarquerons simplement que son pH, voisin de 8,65 à 20°C, n'a subi aucune modification significative lors des expériences.

Il est également intéressant de connaître la teneur des hépatiques en certains éléments (Tab. 1). La teneur en potassium est très importante et comparable à celle déterminée par spectrophotométrie de flamme (22783 mg.kg $^{-1}$ sec.).

LES DIFFERENTS TYPES D'EXPERIENCES

Toutes les expériences ont été effectuées dans les mêmes conditions d'éclairement (rythme nycthéméral naturel) et de température (20 ± 1° C). Des hépatiques ont été prélevées à la source du Gapeau, sur la commune de Signes, le

Elément	mg.kg^{-1} sec.
K	37711 ± 4407
Ca	25890 ± 1040
Fe	1678 ± 145
Na	456 ± 21
Br	331 ± 21
Zn	12,4 ± 1,1
Cr	6,2 ± 0,4
Co	0,77 ± 0,04

TAB. 1. — Teneurs de *Chiloscyphus polyanthos* en quelques éléments stables (analyse par activation neutronique).

19 Novembre 1982. Nous avons uniquement utilisé des tiges feuillées munies de nombreuses feuilles en bon état, isolées de leur support minéral. Le dispositif expérimental permettant l'étude de la fixation des radionucléides par les végétaux est le même que celui utilisé lors de l'étude de la contamination de *Platyhypnidium riparioides* (MAUREL-KERMARREC et al. 1983). Après plusieurs lavage à l'eau courante, les hépatiques sont immergées dans des bacs de plastique transparent contenant chacun 10 litres d'eau aérée et recouvrent à peu près 100 % de la surface. Elles sont préalablement pesées humides afin que la biomasse soit sensiblement la même dans chaque bac (en moyenne, 127,7 ± 32,6 g frais).

Lors des expériences de désorption, un poids frais connu d'hépatiques contaminées (environ 170 g) est déposé dans un bac de plastique contenant 70 litres d'eau inactive et équipé d'un appareil de filtration permanente de l'eau et d'un système d'aération.

MÉTHODE DE CONTAMINATION

Le mélange est introduit, dans tous les bacs, le même jour et en une seule

Radionucléide	Activité spécifique des différentes solutions étalons en $Bq.g^{-1}$	Composition chimique	Activité théorique introduite dans chaque bac en Bq	Apport en élément en $\mu g.l^{-1}$
^{60}Co	$6,80.10^6$	61 µg de $CoCl_2.g^{-1}$ de solution en HCl 0,1 N	≃ 555000	≃ 0,23
^{51}Cr	$4,92.10^6$	$Na_2\ CrO_4$ en HCl 0,1 N	= 222000	
^{137}Cs	$0,82.10^6$	10 µg de $CsCl.g^{-1}$ de solution en HCl 0,1 N	≃ 111000	≃ 0,11
^{54}Mn	$0,35.10^6$	10 µg de $MnCl_2.g^{-1}$ de solution en HCl 0,1 N	≃ 111000	≃ 0,14
^{22}Na	$0,99.10^6$	10 µg de $NaCl.g^{-1}$ de solution en HCl 0,1 N	= 111000	= 0,04

TAB. 2. — Caractéristiques, activité théorique introduite, apport total en élément pour les radionucléides utilisés.

fois en simulant une pluie à la surface de l'eau. Les radionucléides sont utilisés sous forme de chlorure pour le ^{60}Co, ^{137}Cs, ^{54}Mn et ^{22}Na et de chromate pour le ^{51}Cr (Tab. 2).

Les quantités d'éléments stables ajoutées sont trop faibles pour entraîner une modification détectable de la composition chimique de l'eau. Notons cependant que l'introduction du cobalt double la teneur de l'eau en cet élément, qui est inférieure à 0,2 μg l^{-1}, mais que ce dernier reste tout de même à l'état de traces.

MÉTHODES DE PRÉLÈVEMENT, DE CONDITIONNEMENT ET DE MESURE DE L'ACTIVITÉ DES ÉCHANTILLONS

Expérience de fixation. — Nous avons contaminé cinq bacs de manière identique ; les mesures d'activité obtenues pour l'ensemble des constituants de chaque bac (eau, hépatiques : prélèvement total 1, 3, 7, 14 et 28 jours après la contami-

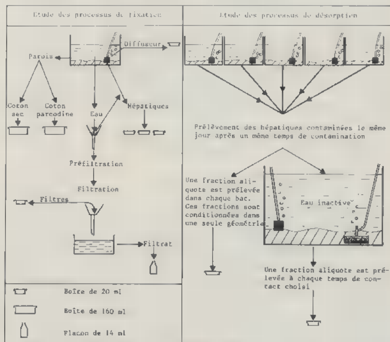


FIG. 1. — Prélèvement et conditionnement des échantillons obtenus lors des différentes expériences.

nation) nous donnent un point sur les courbes représentant la cinétique de la fixation en fonction du temps.

Les bryophytes, prélevées en totalité à l'aide d'une pince sont égouttées, pesées humides, séchées à l'étuve à 110° C pendant trente heures, pesées sèches, puis broyées. Une préfiltration de l'eau à travers un voile permet de recueillir les débris végétaux de petite taille qui sont traités de la même façon que les hépatiques et sont ajoutés à celles-ci pour la mesure. A chaque prélèvement correspond un rapport poids sec/poids frais que nous pouvons calculer. En moyenne, pour nos expériences, ce rapport est égal à 0,13 ± 0,01 pour *Chiloscyphus polyanthos*.

L'eau, ainsi débarrassée des débris végétaux, est ensuite filtrée en totalité à 0,45 µm (filtres millipores en acétate de cellulose) afin de séparer les formes particulaires et dissoutes des radionucléides. Le diffuseur est concassé ; les parois du bac sont frottées avec du coton sec, puis du coton imbibé de parcodine. Le premier frottis permet de récupérer l'activité du film d'eau adhérant aux parois, le second celle qui est adsorbée sur le plastique (Fig. 1). Les échantillons sont ensuite conditionnés en vue de la mesure en spectrométrie γ Ge-Li au L.M.E.I. (1), laboratoire qui utilise une gamme de flacons et boîtes de géométries différentes servant à l'étalonnage et aux mesures.

Expérience de désorption. – Après des temps de contact choisis, une partie des bryophytes est prélevée, pesée humide, séchée à l'étuve à 110° C pendant trente heures, pesée sèche, broyée puis conditionnée (Fig. 1). Les mesures sont effectuées pour les deux types d'expériences à l'aide d'un spectromètre γ Ge-Li de type RTC, utilisé lors d'une étude antérieure (MAUREL-KERMARREC et al. 1983). Ces mesures tiennent compte de la période physique des différents radionucléides.

RESULTATS

ETUDE DE LA CINETIQUE DE FIXATION

Evolution de l'activité de l'eau

Nous considérons que l'activité totale retrouvée pour chaque bac (somme des activités des différents constituants du bac au temps de contact choisi) correspond à l'activité introduite. Les résultats que nous avons obtenus (Tab. 3) montrent que le ^{60}Co disparaît très rapidement de l'eau. Le pourcentage d'activité restant dans l'eau brute après un jour de contamination est faible (2,9 %). Le ^{51}Cr disparaît moins rapidement et, après 28 jours de contamination, il reste dans l'eau brute 6,6 % de l'activité introduite. L'activité de l'eau en ^{137}Cs et en ^{22}Na est encore très élevée après 28 jours de contamination. Ainsi, il reste respectivement, en fin d'expérience, 55 % et 80,9 % de l'activité introduite. Le ^{54}Mn disparaît très rapidement de l'eau filtrée et n'est déjà plus détectable après un jour de contamination. Il se retrouve en faible quantité sur les filtres.

Le pourcentage d'activité associée à la forme particulaire est faible par rap-

(1) : L.M.E.I. : Laboratoire de Métrologie de l'Environnement et d'Intervention, Le Bois des Râmes, Bât. 501, 91400 ORSAY.

Radionucléide	Temps en jours	Activité totale retrouvée en Bq (= activité introduite)	Activité retrouvée dans l'eau filtrée		Activité retrouvée sur les filtres		% d'activité restant dans l'eau brute (eau filtrée + filtres)
			en Bq	en % par rapport à l'activité totale retrouvée	en Bq	en % par rapport à l'activité totale retrouvée	
^{60}Co	1	615050 ± 47680	8300 ± 500	1,3	10100 ± 300	1,6	2,9
	3	610600 ± 10640	5200 ± 500	0,9	3300 ± 130	0,5	1,4
	7	613980 ± 45370	6500 ± 1000	1,1	7150 ± 230	1,2	2,3
	14	631450 ± 87190	9900 ± 1100	1,6	12200 ± 400	1,9	3,5
	28	605900 ± 22400	14600 ± 1200	2,4	6130 ± 200	1,0	3,4
^{51}Cr	1	211480 ± 67810	36500 ± 2600	17,3	≤ 23000	–	17,3
	3	232840 ± 19300	25100 ± 2600	10,8	800 ± 50	0,3	11,1
	7	233680 ± 4390	≤ 9900 (1)	– (2)	≤ 2400	–	–
	14	258440 ± 20970	20900 ± 3300	8,1	4700 ± 250	1,8	9,9
	28	227520 ± 30570	12500 ± 3000	5,5	2400 ± 150	1,1	6,6
^{137}Cs	1	86040 ± 21320	57400 ± 2600	66,7	600 ± 30	0,7	67,4
	3	83990 ± 4810	52500 ± 2600	62,5	160 ± 10	0,2	62,7
	7	87530 ± 4460	58100 ± 3200	66,4	300 ± 20	0,3	66,7
	14	94140 ± 12140	56700 ± 3300	59,7	700 ± 30	0,7	60,4
	28	108190 ± 6760	59200 ± 4400	54,7	360 ± 20	0,3	55,0
^{54}Mn	1	124410 ± 270	≤ 60	–	3500 ± 150	2,8	2,8
	3	123300 ± 2130	≤ 800	–	800 ± 50	0,6	0,6
	7	120780 ± 2100	≤ 1100	–	1500 ± 50	1,2	1,2
	14	126410 ± 17320	≤ 1100	–	2600 ± 100	2,1	2,1
	28	124240 ± 5670	≤ 700	–	1600 ± 100	1,3	1,3
^{22}Na	1	78230 ± 4040	75200 ± 3100	96,1	50 ± 10	0,1	96,2
	3	76800 ± 5820	72400 ± 4200	94,3	≤ 30	–	94,3
	7	81030 ± 4470	74600 ± 4400	92,1	50 ± 6	0,1	92,2
	14	80000 ± 6550	71600 ± 4400	89,5	50 ± 5	0,1	89,6
	28	87670 ± 5050	70800 ± 3600	80,8	60 ± 10	0,1	80,9

TAB. 3. — Evolution en fonction du temps de l'activité de l'eau brute pour les différents radionucléides lors de la contamination de *Chiloscyphus polyanthos*. — (1) : ≤ A : dans les conditions de la mesure, le radionucléide n'a pu être dosé; son niveau d'activité est estimé inférieur ou égal à A, mais il n'est pas possible d'être affirmatif quant à sa présence. — (2) : le pourcentage d'activité n'a pu être calculé, compte tenu du seuil de mesure.

port à l'activité totale de l'eau pour le ^{51}Cr, le ^{137}Cs et le ^{22}Na, alors que l'activité en ^{60}Co mesurée au niveau des filtres peut représenter plus de la moitié du radionucléide présent dans la phase aqueuse, ceci probablement en raison de la faculté que possède cet élément de former des composés organiques ou minéraux (BITTEL 1968) qui peuvent précipiter sous forme de polymères.

Evolution de l'activité des hépatiques et facteur de concentration

Activité spécifique des hépatiques. — L'activité spécifique des hépatiques atteint une valeur pratiquement constante pour le ^{60}Co, le ^{137}Cs et le ^{54}Mn, en un temps de contamination inférieur ou égal à 1 jour (Tab. 4, Fig. 2). La fixation de ces radionucléides par *Chiloscyphus polyanthos* est donc très rapide. Pour le ^{51}Cr, cette activité spécifique peut être considérée comme constante au bout de 3 jours de contamination. Un équilibre est atteint rapidement pour le ^{137}Cs, ce radionucléide restant en grande partie dans l'eau. Pour le ^{22}Na, l'activité spécifique des hépatiques n'a toujours pas atteint une valeur constante après 28 jours de contamination. Ce radionucléide est donc fixé lentement par *Chiloscyphus polyanthos*.

La fixation du ^{60}Co, du ^{51}Cr et du ^{54}Mn par *Chiloscyphus polyanthos* est importante et rapide et se fait dans les proportions mêmes du mélange de radionucléides introduit. En effet, l'activité spécifique des hépatiques en ^{60}Co est 2,8 fois celle du ^{51}Cr et 4,9 fois celle du ^{54}Mn.

Facteur de concentration. — Le facteur de concentration est le rapport à l'équilibre de l'activité des organismes à celle de l'eau. Dans le cas des végétaux, il est exprimé en fonction du poids sec. Nous constatons que l'activité spécifique de Chiloscyphus polyanthos varie peu après 1 jour de contamination pour le ^{60}Co, le ^{137}Cs et le ^{54}Mn et 3 jours pour le ^{51}Cr, et peut être considérée comme constante. Celle de l'eau filtrée présente des fluctuations liées à son niveau très faible, mesuré en une seule fois, avec un volume peu important (12 ml). La marge d'erreur est celle de la mesure et porte sur la représentativité de l'échantillon; mais cette activité est minime par rapport à celle des hépatiques. Compte tenu de cela, nous considérons l'activité de l'eau comme constante et nous prenons comme valeur pour le calcul du facteur de concentration, la moyenne de ces activités. Ce qui est important est la valeur de l'activité spécifique des hépatiques (mesurées en totalité), qui montre que l'on se trouve bien à l'équilibre.

Le ^{54}Mn ayant très vite disparu de l'eau, le facteur de concentration n'a pu être calculé et nous pouvons seulement affirmer qu'il est élevé. Pour le ^{60}Co, le ^{51}Cr et le ^{137}Cs, les facteurs de concentration moyens à l'équilibre sont respectivement de l'ordre de (Tab. 4) : $\simeq$ 48000, $\simeq$ 8000, $\simeq$ 330. Pour le ^{22}Na, après 28 jours de contamination, ce facteur est voisin de 130.

Répartition des radionucléides dans les bacs expérimentaux

Compte tenu du protocole expérimental utilisé, un bilan global peut être réalisé en fin d'expérience. L'examen des résultats (Tab. 5) permet de conclure que

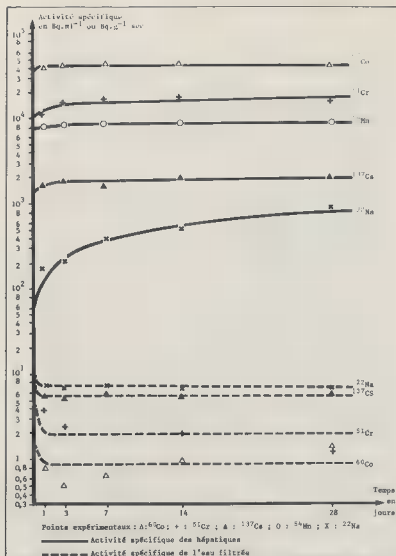


FIG. 2. — Evolution des activités spécifiques de l'eau filtrée et des hépatiques en fonction du temps pour les différents radionucléides.

l'adsorption sur les parois et le diffuseur est faible pour le ^{60}Co, le ^{51}Cr, le ^{54}Mn et le ^{22}Na; pour le ^{137}Cs, le pourcentage d'activité retrouvée sur les parois est négligeable alors qu'il est relativement élevé sur le diffuseur (19,2 % en fin d'expérience).

L'activité de l'eau brute se maintient à un niveau très faible pour le ^{60}Co

Radionucléide	Temps de contact en jours	Activité spécifique de l'eau filtrée en $Bq.ml^{-1}$	Activité spécifique des hépatiques en $Bq.g^{-1}$ sec	Facteur de concentration en fonction du poids sec
^{60}Co	1	0,83 ± 0,05[a] (0,89)[b]	40250 ± 3180[c]	= 45220
	3	0,52 ± 0,05 (0,89)	43500 ± 710	= 48880
	7	0,65 ± 0,10 (0,89)	43000 ± 0	= 48310
	14	0,99 ± 0,11 (0,89)	44500 ± 6350	= 50000
	28	1,46 ± 0,12 (0,89)	42000 ± 1500	= 47190
^{51}Cr	1	3,65 ± 0,26	11850 ± 4450	= 3250
	3	2,51 ± 0,26 (1,95)	14950 ± 1200	= 7670
	7	< 0,99 (1,95)	16790 ± 300	= 8610
	14	2,09 ± 0,33 (1,95)	17100 ± 1270	= 8770
	28	1,25 ± 0,30 (1,95)	15320 ± 1980	= 7860
^{137}Cs	1	5,74 ± 0,26 (5,66)	1700 ± 1270	= 300
	3	5,25 ± 0,26 (5,66)	1800 ± 140	= 320
	7	5,81 ± 0,32 (5,66)	1650 ± 70	= 290
	14	5,62 ± 0,33 (5,66)	2150 ± 630	= 380
	28	5,92 ± 0,44 (5,66)	2000 ± 110	= 350
^{54}Mn	1	< 0,006	8100 ± 0	–
	3	< 0,08	8800 ± 140	–
	7	< 0,11	8500 ± 140	–
	14	< 0,11	9000 ± 1270	–
	28	< 0,07	8800 ± 400	–
^{22}Na	1	7,52 ± 0,31	165 ± 60	= 22
	3	7,24 ± 0,42	210 ± 110	= 29
	7	7,46 ± 0,44	400 ± 0	= 54
	14	7,16 ± 0,44	500 ± 0	= 70
	[illegible]	7,08 ± 0,34	900 ± 100	= 130

TAB. 4. — Evolution des activités spécifiques de l'eau filtrée et des hépatiques, et du facteur de concentration en fonction du temps pour les différents radionucléides. a : estimation de l'erreur sur la mesure. b : valeur moyenne de l'activité spécifique de l'eau filtrée, prise en considération lors du calcul du facteur de concentration. c : estimation de l'erreur statistique (test de Student). — : le facteur de concentration n'a pu être calculé, l'activité de l'eau n'étant pas connue de façon précise.

Radionucléide	Temps en jours	Diffuseur		Coton		Filtres		Eau filtrée		Hépatiques	
		[redacted]	%	Bq	%	Bq	%	Bq	%	Bq	%
^{60}Co	1	1000 ± 50	0,2	8000 ± 400	1,3	10100 ± 300	1,6	8300 ± 500	1,3	587650 ± 46430	95,5
	3	1000 ± 50	0,2	5150 ± 230	0,8	3300 ± 130	0,5	5200 ± 500	0,9	595950 ± 9730	97,6
	7	500 ± 30	0,1	6430 ± 330	1,0	7150 ± 230	1,2	6500 ± 1000	1,1	593400 ± 43880	96,6
	14	350 ± 50	0,1	12700 ± 550	2,0	12200 ± 400	1,9	9900 ± 1100	1,6	596300 ± 85090	94,4
	28	700 ± 100	0,1	4900 ± 200	0,8	6100 ± 200	1,0	14600 ± 1200	2,4	579600 ± 20700	95,7
^{51}Cr	1	570 ± 90	0,3	1400 ± 150	0,7	– (1)	–	36500 ± 2600	17,3	73010 ± 64970	81,8
	3	600 ± 50	0,3	1520 ± 160	0,7	800 ± 50	0,3	23100 ± 2600	10,8	204820 ± 16440	88,0
	7	250 ± 40	0,1	1730 ± 210	0,7	–	–	–	–	231700 ± 4140	99,2
	14	–	–	3700 ± 600	1,6	4700 ± 230	1,8	20900 ± 3300	8,1	229140 ± 17020	88,7
	28	–	–	1200 ± 100	0,5	2400 ± 150	1,1	12500 ± 3000	5,5	211420 ± 27320	92,9
^{137}Cs	1	2900 ± 120	3,4	320 ± 30	0,4	600 ± 30	0,7	57400 ± 2600	66,7	24820 ± 18540	28,9
	3	6400 ± 250	7,6	270 ± 30	0,3	160 ± 10	0,2	52500 ± 2600	62,5	24660 ± 1920	29,4
	7	6000 ± 230	6,9	360 ± 40	0,4	300 ± 20	0,3	58100 ± 3200	66,4	22770 ± 970	26,0
	14	7600 ± 300	8,1	830 ± 70	0,9	700 ± 30	0,7	56200 ± 3300	59,7	28810 ± 8440	30,6
	28	20800 ± 800	19,2	230 ± 20	0,2	360 ± 20	0,3	59200 ± 4400	54,7	27600 ± 1520	25,5
^{54}Mn	1	300 ± 20	0,2	2350 ± 100	1,9	3500 ± 150	2,8	–	–	118260 ± 0	95,1
	3	340 ± 30	0,3	1600 ± 130	1,3	800 ± 50	0,6	–	–	120560 ± 1920	97,8
	7	180 ± 20	0,2	1800 ± 100	1,5	1500 ± 50	1,2	–	–	117300 ± 1930	97,1
	14	110 ± 20	0,1	3100 ± 180	2,5	2600 ± 100	2,1	–	–	120600 ± 17020	95,4
	[redacted]	–	–	1200 ± 50	1,0	1600 ± 100	1,3	–	–	121440 ± 5520	97,7
^{22}Na	1	500 ± 30	0,6	70 ± 20	0,1	50 ± 10	0,1	75200 ± 3100	96,1	2410 ± 880	3,1
	3	1500 ± 100	2,0	20 ± 6	≤ 0,05	–	–	72400 ± 4200	94,3	2880 ± 1510	3,8
	7	800 ± 50	1,0	60 ± 10	0,1	50 ± 6	0,1	74600 ± 4400	92,1	5520 ± [redacted]	6,8
	14	1500 ± 100	1,9	150 ± 40	0,2	50 ± 5	0,1	71600 ± 4400	89,5	6700 ± 0	8,4
	28	4300 ± 250	4,9	90 ± 10	0,1	60 ± 10	0,1	70800 ± 3400	80,8	12420 ± 1380	14,2

TAB. 5. – Distribution de l'activité en fonction du temps au niveau des constituants des bacs expérimentaux pour les différents radionucléides par rapport à l'activité totale retrouvée (somme des activités mesurées de tous les constituants). – (1) : l'activité de l'échantillon considéré étant inférieure aux limites de détection, il n'a pas été tenu compte de la mesure lors du bilan.

(moins de 3,5 % de l'activité totale retrouvée) et légèrement plus élevé pour le ^{51}Cr (entre 17,3 et 6,6 %). Pour le ^{137}Cs et le ^{22}Na, elle demeure respectivement supérieure à 55 et 80 % de l'activité totale retrouvée. Enfin, l'activité de l'eau brute pour le ^{54} Mn concerne uniquement le pourcentage d'activité retrouvée sur les filtres (moins de 3 %), ce radionucléide ayant disparu de l'eau filtrée. La quasi-totalité du ^{60}Co et du ^{54}Mn se retrouve très rapidement au niveau de *Chiloscyphus polyanthos*, alors que la fixation du ^{51}Cr est plus lente. Cette espèce retient en moyenne au cours de l'expérience, 28,1 % de l'activité introduite en ^{137}Cs et 14,2 % de celle en ^{22}Na après 28 jours de contamination.

Ces résultats montrent que pour le ^{60} Co, le ^{51}Cr et le ^{54}Mn, pratiquement toute l'activité introduite se retrouve au niveau des hépatiques. Le ^{137}Cs reste en grande partie en solution, ce qui facilite une adsorption sur le diffuseur. Le ^{22}Na reste pour la plus grande part également en solution, mais les phénomènes d'adsorption sont moins importants que pour le ^{137}Cs.

ÉTUDE DE LA CINÉTIQUE DE DÉSORPTION

Après 28 jours de contamination (temps au bout duquel un état d'équilibre est atteint pour le ^{60}Co, le ^{51}Cr, le ^{137}Cs et le ^{54}Mn), les hépatiques sont immergées dans 70 litres d'eau inactive non renouvelée pendant 27 jours. Leur activité est mesurée lors de la mise en eau inactive puis régulièrement au cours du temps (Tab. 6).

Après 1 jour d'immersion en eau inactive, *Chiloscyphus polyanthos* perd 26,5 % de son activité en ^{60}Co, puis un équilibre s'établit et ce pourcentage reste constant jusqu'à la fin de l'expérience. Pour le ^{51} Cr, une perte de 63,2 % de l'activité initiale est observée après 6 jours d'immersion, temps au bout duquel l'équilibre est atteint. L'activité des hépatiques en ^{137}Cs diminue durant les deux premiers jours d'immersion, puis reste constante. Ces dernières ont alors perdu 47,5 % de leur activité initiale en ce radionucléide. Pour le ^{54}Mn, l'équilibre est atteint après 1 jour en eau inactive. *Chiloscyphus polyanthos* retient alors 72,1 % de l'activité fixée lors de la contamination.

Pour ces quatre radionucléides, le phénomène de désorption a lieu en deux phases successives, la première rapide et correspondant au passage dans le milieu aqueux de la fraction de l'isotope la plus superficiellement retenue, la seconde beaucoup plus lente. L'atteinte d'un état d'équilibre peut s'expliquer soit par une forte rétention d'une partie du radionucléide fixé par les hépatiques et, malgré une activité très faible de l'eau, les végétaux ne se décontaminent plus, soit par les conditions expérimentales (eau non renouvelée durant toute l'expérience). Dans ce cas, les hépatiques perdent une partie des radionucléides jusqu'à ce qu'un équilibre s'établisse entre l'activité de l'eau et celle des végétaux. On peut supposer que des changements d'eau à intervalles réguliers entraîneraient chaque fois une décontamination, comme l'ont observé FOULQUIER & HÉBRARD (1976).

Pour le ^{22}Na, l'activité des hépatiques décroît en une seule phase. Après 27 jours d'immersion en eau inactive, ces dernières ont perdu 66,7 % de leur

Temps en jours	^{60}Co		^{51}Cr		^{137}Cs		^{54}Mn		^{22}Na	
	Activité spécifique en Bq.g^{-1} sec	% d'activité retenue	Activité spécifique en Bq.g^{-1} sec	% d'activité retenue	Activité spécifique en Bq.g^{-1} sec	% d'activité retenue	Activité spécifique en Bq.g^{-1} sec	% d'activité retenue	Activité spécifique en Bq.g^{-1} sec	% d'activité retenue
0 (activité après 28 jours de contamination)	42000 ± 1500		15320 ± 1980		2000 ± 110		8800 ± 400		900 ± 100	
1	30500 ± 1100		6000 ± 400	39,2	1400 ± 100	70,0	5900 ± 250		800 ± 50	88,9
2	33000 ± 1100		5900 ± 300	38,5	1300 ± 50	65,0	6500 ± 300		700 ± 50	77,8
6	31000 ± 1300		5710 ± 750		1200 ± 100		6100 ± 300		800 ± 100	88,9
9	29000 ± 1200	73,5 (1)	5660 ± 850		1200 ± 100		6000 ± 300	72,1 (1)	700 ± 100	77,8
13	30300 ± 1100		5400 ± 400	36,8 (1)	1150 ± 50	52,5 (1)	6400 ± 300		600 ± 50	66,7
21	30120 ± 1000		5400 ± 400		800 ± 30		6400 ± 300		330 ± 20	36,7
27	32300 ± 1100		6000 ± 400		900 ± 50		7100 ± 300		300 ± 30	33,3

TAB. 6. – Evolution de l'activité spécifique de *Chiloscyphus polyanthos* en fonction du temps pour les cinq radionucléides lors de la décontamination. – (1) : pourcentage calculé en tenant compte de la valeur moyenne de l'activité spécifique pendant la période où la décontamination n'est plus observée.

activité initiale et l'état d'équilibre n'est pas atteint en eau stagnante.

La vitesse de décontamination d'un organisme est définie par la période biologique, c'est-à-dire le temps au bout duquel le radionucléide a été éliminé pour moitié, ceci lorsque la période physique du radionucléide est assez longue. Lorsque cette dernière condition n'est pas remplie (par exemple pour le ^{51}Cr, dont la période physique est égale à 27,7 jours), on calcule alors la période effective qui est définie par la formule :

$$\frac{1}{T_{eff}} = \frac{1}{T_p} + \frac{1}{T_b} \quad \text{où} \quad \begin{cases} T_{eff} = \text{période effective} \\ T_p = \text{période physique} \\ T_b = \text{période biologique} \end{cases}$$

Les périodes biologiques peuvent être déterminées en reportant sur papier semi-logarithmique les valeurs des activités spécifiques des hépatiques obtenues pendant l'expérience (Fig. 3 à 7).

Pour le ^{60}Co, la désorption se fait en deux phases, l'une très rapide à laquelle correspond une période biologique d'environ 3 heures, puis une seconde pour laquelle la période biologique est indéterminée. Compte tenu de la très longue période physique de ce radionucléide, la période effective est égale à la période biologique. Pour le ^{51}Cr, aux deux périodes biologiques déterminées de 3 heures

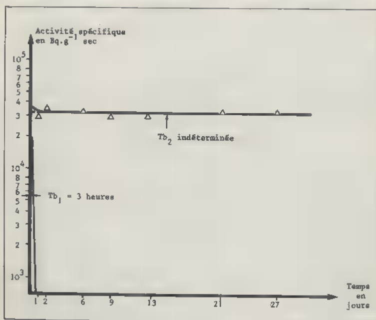


FIG. 3. — Cinétique de désorption du ^{60}Co par *Chiloscyphus polyanthos*.

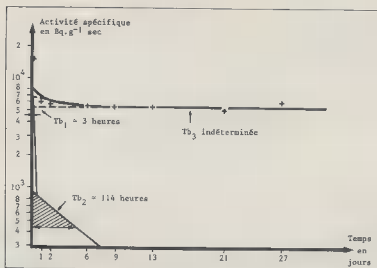


FIG. 4. — Cinétique de désorption du ^{51}Cr par *Chiloscyphus polyanthos*.

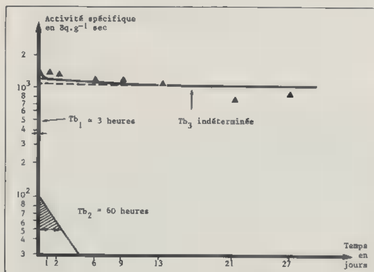


FIG. 5. — Cinétique de désorption du ^{137}Cs par *Chiloscyphus polyanthos*.

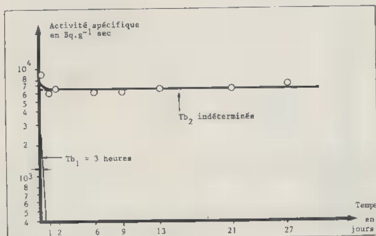


FIG. 6. – Cinétique de désorption du ^{54}Mn par *Chiloscyphus polyanthos.*

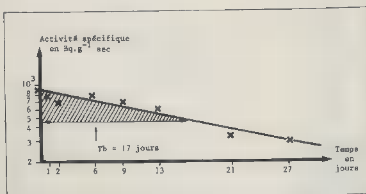


FIG. 7. – Cinétique de désorption du ^{22}Na par *Chiloscyphus polyanthos.*

et 114 heures correspondent des périodes effectives de 3 heures et 97 heures. La troisième période biologique est indéterminée. Pour le ^{137}Cs, les périodes effectives sont égales aux périodes biologiques. Ces dernières sont au nombre de 3 et correspondent respectivement à 3 heures et 60 heures (la troisième est indéterminée). La désorption du ^{54}Mn se fait en deux phases qui correspondent à deux périodes biologiques et effectives, l'une de 3 heures et l'autre indéterminée. Une seule période biologique est définie lors de la désorption du ^{22}Na par *Chiloscyphus polyanthos*. Elle correspond à 17 jours et est égale à la période effective.

La vitesse de désorption varie donc selon le radionucléide considéré. Certains auteurs associent cette différence aux propriétés physico-chimiques des radionucléides et à la physiologie des organismes (ANCELLIN et al. 1979).

CONCLUSION

Cette approche montre que la capacité de fixation du ^{60}Co, du ^{51}Cr et du ^{54}Mn par *Chiloscyphus polyanthos* est importante, alors qu'elle est plus faible pour le ^{137}Cs et le ^{22}Na. Les valeurs moyennes des facteurs de concentration obtenus à l'équilibre, en fonction du poids sec, sont voisines de 48000 pour le ^{60}Co, de 8000 pour le ^{51}Cr et de 330 pour le ^{137}Cs. Pour le ^{22}Na, le facteur de concentration est de l'ordre de 130 après 28 jours de contamination, temps au bout duquel l'état d'équilibre n'est toujours pas atteint. La fixation de ce radionucléide par les hépatiques est donc lente et correspond en fin d'expérience à 14,2 % de l'activité introduite. Le ^{137}Cs est fixé beaucoup plus rapidement (dans un temps inférieur à 1 jour de contamination), mais en moyenne, plus de 50 % de l'activité introduite restent dans l'eau. En ce qui concerne les trois autres radionucléides, leur fixation par *Chiloscyphus polyanthos* est rapide (dans un temps inférieur à 1 jour pour le ^{60}Co et le ^{54}Mn, 3 jours pour le ^{51}Cr) et 90 à 97 % de l'activité introduite sont alors retenus en moyenne. Les vitesses de fixation et l'activité retenue varient donc selon le radionucléide considéré.

Il en est de même lors des processus de désorption. Ainsi, des hépatiques contaminées perdent 26,5 % du ^{60}Co fixé en 1 jour, 63,2 % du ^{51}Cr en 6 jours, 47,5 % du ^{137}Cs en 6 jours, 27,9 % du ^{54}Mn en 1 jour et 66,7 % du ^{22}Na en 27 jours. Cette perte d'activité correspond à des périodes effectives voisines de 3 heures pour le ^{60}Co, 3 heures et 97 heures pour le ^{51}Cr, 3 heures et 60 heures pour le ^{137}Cs, 3 heures pour le ^{54}Mn et 17 jours pour le ^{22}Na. Mais il faut noter que ces périodes sont obtenues en « milieu fermé », c'est-à-dire sans renouvellement d'eau. Une expérience en « milieu ouvert », avec circulation permanente d'eau inactive permettrait une meilleure connaissance du phénomène en se rapprochant davantage des conditions naturelles. Les résultats obtenus dans nos conditions expérimentales semblent montrer que *Chiloscyphus polyanthos* est une « bonne indicatrice » de la présence de ^{60}Co, ^{51}Cr, ^{137}Cs, ^{54}Mn et ^{22}Na dans le milieu naturel. Ces résultats confirment l'intérêt que représente l'utilisation des bryophytes aquatiques dans les études radioécologiques de terrain.

BIBLIOGRAPHIE

ANCELLIN J., GUEGUENIAT E. & GERMAIN P., 1979 — Compostement des radionucléides dans le milieu biologique. Elimination - Comportement et devenir des radionucléides artificiels. *In* : Radioécologie marine : étude du devenir des radionucléides rejetés en milieu marin et applications à la radioprotection. Paris : Eyrolles. Pp. 96-99.

ARNELL S., 1956 — Illustrated moss flora of Fennoscandia. I : Hepaticae. Lund : Gleerups. 317 p.

AUGIER J., 1966 — Flore des bryophytes. Paris : Lechevalier. 702 p.

BITTEL R., 1968 — Discussion bibliographique sur le comportement et la radioécologie du cobalt dans les systèmes hydrobiologiques. Rapport C.E.A. - BIB - 130, (EUR - 3877 f). 70 p.

BOULAY N., 1904 — Muscinées de la France. Deuxième partie - Hépatiques. Paris : Lechevalier. 407 p.

DESCY J.P. & EMPAIN A., 1981 — Inventaire de la qualité des eaux courantes en Wallonie (Bassin Wallon de la Meuse). Rapport de Synthèse. Université de Liège, Vol. 1 : 87 p.; Vol. 2 : 194 p.; Vol. 3 : 37 p.

DÜLL R., 1980 — Die Moose (Bryophyta) des Rheinlands (Nordrhein - Westfalen, Bundesrepublik Deutschland). *Decheniana Beih.* 24 : 365 p.

DÜLL R., 1983 — Distribution of the European and Macaronesian liverworts (Hepaticophytina). *Bryol. Beitr.* 2 : 1-119.

EMPAIN A., 1976 a — Estimation de la pollution par métaux lourds dans la Somme, par l'analyse des bryophytes aquatiques. *Bull. Franç. Piscicult.* 48 : 138-142.

EMPAIN A., 1976 b — Les bryophytes aquatiques utilisés comme traceurs de la contamination en métaux lourds des eaux douces. *Mém. Soc. Roy. Bot. Belgique* 7 : 141-156.

EMPAIN A., 1977 — Ecologie des populations bryophytiques aquatiques de la Meuse, de la Sambre et de la Somme. Relations avec la qualité des eaux, écophysiologie comparée et étude de la contamination par métaux lourds. Université de Liège, Mem. Doct. Sci. Bot. 179 p. + 50 p.

EMPAIN A., LAMBINON J., MOUVET C. & KIRCHMANN R., 1980 — Utilisation des bryophytes aquatiques et subaquatiques comme indicateurs biologiques de la qualité des eaux courantes. *In* : P. PESSON, La pollution des Eaux Continentales. 2e éd. Paris : Gauthier-Villars. Pp. 195-223.

FOULQUIER L. & HÉBRARD J.P., 1976 — Etude expérimentale de la fixation et de la décontamination du sodium 22 par une mousse dulçaquicole, *Platyhypnidium riparioides* (Hedw.) Dix. *Oecol. Pl.* 11 (3) : 267-276.

HÉBRARD J.P., FOULQUIER L. & GRAUBY A., 1968 — Aperçu sur les modalités de la contamination d'une mousse dulcicole *Platyhypnidium riparioides* (Hedw.) Dix. par le césium 137 et le strontium 90. *Rev. Bryol. Lichénol.* 36 (1-2) : 219-242.

HÉBRARD J.P., FOULQUIER L. & GRAUBY A., 1972 — L'utilisation d'une mousse terrestre (*Grimmia orbicularis* Bruch) comme indicateur de la présence de manganèse 54, de caesium 137 et de strontium 90. *Radioprotection* 7 (3) : 159-177.

HÉBRARD J.P. & FOULQUIER L., 1975 — Introduction à l'étude de la fixation du manganèse 54 par *Platyhypnidium riparioides* (Hedw.) Dix. *Rev. Bryol. Lichénol.* 41 (1) : 35-54.

KIRCHMANN R. & LAMBINON J., 1973 — Bioindicateurs végétaux de la contamination d'un cours d'eau par les effluents d'une centrale nucléaire à eau pressurisée. Evaluation des rejets de la centrale à SENA (Chooz, Ardennes Françaises) au moyen de végétaux aquatiques et ripicoles de la Meuse. *Bull. Soc. Roy. Bot. Belgique* 106 : 187-201.

KIRCHMANN R., LAMBINON J., BONNIJNS VAN GELDER E. & COLARD J., 1974 Utilisation de bioindicateurs à des fins de surveillance des sites nucléaires. *In* : Environmental surveillance around nuclear installations. Proceed. Symp. Warsaw. 5-9 November 1973, II, ed. I.A.E.A., Vienna : 105-118.

LANDWEHR J., 1980 — Atlas nederlandse Levermossen. Thieme : Zutphen. 287 p.

MACVICAR S.M., 1971 — The student's handbook of British Hepatics. Hichin : Whelden and Wesley. 503 p.

MAUREL-KERMARREC A., PALLY M., FOULQUIER L. & HÉBRARD J.P., 1983 — Cinétique de la fixation d'un mélange de césium 137, de chrome 51, de cobalt 60, de manganèse 54 et de sodium 22 par *Platyhypnidium riparioides* (Hedw.) Dix. *Cryptogamie, Bryol. Lichénol.* 4 (4) : 299-313.

MOLCHANOVA I.V. & BOCHENINA N.V., 1980 — Mosses as accumulators of radionuclides. *Ekologiya* 3 : 42-47.

MOUVET C., 1978 — Etude de la pollution de l'Amblève par les métaux lourds, en particulier le chrome, et approche écophysiologique de la fixation de ce métal par *Fontinalis antipyretica* L. ex Hedw. Université de Liège, Mém. Lic. Sci. Bot. 102 p.

MOUVET C., 1980 — Pollution de l'Amblève par les métaux lourds, en particulier le chrome : dosage dans les eaux et les bryophytes aquatiques. *Trib. Cebedeau* 33 : 527-538.

MOUVET C., 1983 a — The use of aquatic bryophytes to monitor heavy metals pollution of freshwaters as illustrated by case studies. *In* : Comptes-rendus du XXIIe Congrès de la S.I.L., Lyon. 6 p.

MOUVET C., 1983 b — Utilisation des mousses aquatiques pour la détermination du niveau de pollution par les métaux lourds de certaines rivières du bassin Rhin-Meuse. Metz, Agence Financière de Bassin Rhin-Meuse. 38 p.

MÜLLER K., 1951 - 1954 - Die Lebermoose Europas - Rabenhorst's Kryptogamenflora, 6 (1), 3 Aufl. Leipzig : Geest und Portig. 756 p.

SUIRE C., 1975 — Les données actuelles sur la chimie des bryophytes. *Rev. Bryol. Lichénol.* 41 (2) : 105-256.

Cryptogamie, Bryol. Lichénol. 1985, 6, 4 : 379-392

CONTRIBUTION A LA CONNAISSANCE DES SPHAIGNES (*SPHAGNUM*) DU QUÉBEC-LABRADOR, 2 : Le *SPHAGNUM LENENSE* H. LINDBERG IN POHLE

R. GAUTHIER *

RÉSUMÉ. – Les caractères distinctifs du *Sphagnum lenense*, autrefois considéré comme une variété du *Sphagnum lindbergii*, sont présentés, notamment ceux de la feuille caulinaire qui sont illustrés. Son aire de répartition au Québec-Labrador est précisée à l'aide d'une carte. Son appartenance phytogéographique est réévaluée à la suite de sa découverte en milieu alpin. Les habitats dans lesquels croît le *Sphagnum lenense* au Québec-Labrador sont décrits.

ABSTRACT. – Distinctive features of *Sphagnum lenense*, previously considered as a variety of *S. lindbergii*, are presented. Stem leaf characters are emphasized and illustrated. A distribution map of *S. lenense* in the Québec-Labrador Peninsula is also presented. The phytogeographic affinities of this taxon are re-evaluated following its discovery in an alpine area. Its habitat types within the Québec-Labrador Peninsula are described.

INTRODUCTION

Le *Sphagnum lenense* H. Lindberg in Pohle (1915) fut d'abord reconnu comme la variété *microphyllum* Warnst. du *S. lindbergii* Schimp. par WARNSTORF en 1893, à partir d'un spécimen de l'île Saint-Georges (îles Pribilof) en mer de Behring. Peu après, H. LINDBERG reconnaît que les caractères distinctifs sont suffisants pour élever ce taxon au rang d'espèce et il le désigne dans sa correspondance et sur les étiquettes des spécimens qu'il examine par le nom de *Sphagnum lenense* sans toutefois le publier d'une façon valide. Le nom dérive de celui de la rivière Lena en Sibérie d'où provient un spécimen récolté par A.K. Cajander en 1901 (ISOVIITA 1966).

Le nom de *Sphagnum lenense* apparaît pour la première fois dans la littérature dans un ouvrage de WARNSTORF (1903) où l'auteur le ramène simplement au rang de synonyme de son *S. lindbergii* var. *microphyllum* décrit auparavant. Il le traite de nouveau de la même façon dans son étude mondiale du genre (WARNSTORF 1911). Ce n'est qu'en 1915 que POHLE valide *S. lenense* en publiant ce nom à partir de spécimens identifiés par H. Lindberg (ISOVIITA 1966). Plus récemment, SAVICZ (1936), PERSSON (1949) et SAVICZ-LJUBITZKAJA (1952) ont aussi démontré, comme l'affirme ISOVIITA (1966), que le *S. lenense* constitue une bonne espèce qui se différencie nettement du *S. lindbergii*. Il est étonnant de constater que certains traitements récents, tel celui

* Herbier Louis-Marie, Faculté des Sciences de l'agriculture et de l'alimentation, Université Laval, Québec, Canada, G1K 7P4.

de PILOUS (1971) par exemple, s'en tiennent encore à l'opinion de WARNSTORF.

La nomenclature suivie dans cet article est celle d'ISOVIITA (1966) pour les sphaignes, celle d'IRELAND et al. (1980) pour les mousses, celle de STOTLER & CRANDALL-STOTLER (1977) pour les hépatiques et celle de HALE & CULBERSON (1970) pour les lichens sauf pour *Cladina stellaris* pour lequel l'opinion de BRODO (1976) a été retenue. La nomenclature de SCOGGAN (1978-1979) a été utilisée pour les phanérogames. Les acronymes des herbiers utilisés sont ceux de l'*Index Herbariorum* (HOLMGREN et al. 1981). Les acronymes qui n'y figurent pas sont ceux proposés par BOIVIN (1980)

CARACTERES DISTINCTIFS DU *SPHAGNUM LENENSE*

Peu de travaux facilement accessibles traitent en détail des différences entre le *Sphagnum lindbergii* et le *S. lenense*. Tous les auteurs mentionnent la ressemblance frappante du *S. lenense* avec le *S. fuscum*, non seulement par sa couleur brune parfois même teintée d'orangé, mais aussi par sa forme de croissance en buttes surélevées très compactes. Au contraire, *S. lindbergii* a plutôt tendance à former des colonies demeurant au niveau du sol ou légèrement soulevées seulement. De plus, le *S. lenense* est plus petit que le *S. lindbergii*. En effet, alors que la largeur des pousses de ce dernier varie de 15 à 20 mm, celle des pousses de *S. lenense* n'atteint que 4 à 10 mm. Nous avons cependant pu observer, éparpillés au travers de colonies de *S. balticum*, quelques pousses de *S. lindbergii* dont la largeur était aussi faible que celle de *S. lenense*. De plus, les feuilles raméales du *S. lenense* sont disposées en rangées, contrairement à celles du *S. lindbergii*.

C'est cependant à l'aide des caractères des feuilles caulinaires que la distinction des deux espèces peut se faire le plus aisément. La variation des dimensions des feuilles caulinaires des *Sphagnum lenense* et *S. lindbergii* apparaît à la figure 1 et est résumée au tableau 1. Les mesures ont été prises sur des pousses prélevées au sein d'échantillons récoltés au Québec seulement. Les échantillons sélectionnés de *S. lindbergii* proviennent de 14 localités dispersées sur l'ensemble du territoire. Ceux de *S. lenense* proviennent de 9 localités (énumérées plus loin) concentrées dans les régions septentrionales du Nouveau-Québec.

La figure 1 montre d'abord que les dimensions des feuilles caulinaires du *Shagnum lenense* sont nettement moins variables que celles du *S. lindbergii*. De plus, on observe que, chez le *S. lenense*, ces feuilles ne sont généralement que légèrement plus longues que larges. Dans beaucoup de cas, elles sont aussi longues que larges ou même un peu plus larges que longues. A l'opposé, les feuilles caulinaires du *S. lindbergii* sont pratiquement toujours plus longues que larges : dans l'ensemble des 147 feuilles mesurées, ne font exception que 4 feuilles plus larges que longues dispersées sur 3 pousses et 2 feuilles aussi longues que larges d'une même pousse.

Les feuilles caulinaires du *Sphagnum lenense* sont en moyenne deux fois plus courtes que celles du *S. lindbergii*, soit 0,64 mm de longueur par rapport à

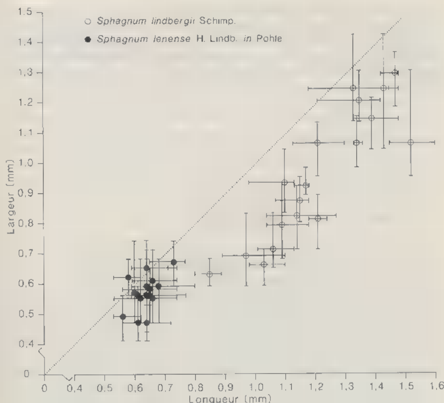


Fig. 1 — Variation des dimensions des feuilles caulinaires du *Sphagnum lindbergii* et du *S. lenense* au Québec-Labrador. Chaque point et chaque cercle représente la moyenne des mesures des feuilles d'une pousse et il est accompagné de l'étendue de la variation des mesures. La ligne pointillée représente les longueurs égales aux largeurs.

1,21 mm (Tab. 1). Cette moyenne est légèrement inférieure à celle de 0,72 mm fixée par WARNSTORF (1893, 1911) et reprise par PILOUS (1971). En tenant compte des écarts-types (Tab. 1), il est possible d'affirmer que la très grande majorité des feuilles caulinaires du *S. lenense* mesurent moins de 0,70 mm de longueur alors que celles du *S. lindbergii* mesurent plus de 1,00 mm de longueur ; la limite absolue entre les deux espèces se situant à 0,80 mm de longueur. SAVICZ (1936) et SAVICZ-LJUBITZKAJA & SMIRNOVA (1968) affirment pour leur part que la longueur des feuilles caulinaires du *S. lenense* ne dépasse pas 1,00 mm.

En général, les feuilles caulinaires des deux espèces s'élargissent plus ou moins de la base vers l'apex. Une zone de cellules hyalines de plus grande dimension et à parois totalement résorbées est présente à la partie supérieure de la feuille

(Fig. 2). Chez le *S. lindbergii*, cette zone s'étend sur toute la largeur de la feuille, de l'apex jusqu'à la moitié de la feuille et parfois même plus bas, en particulier au centre de la feuille (Fig. 2A). Chez le *S. lenense* (Fig. 2B et C), cette zone occupe en général une portion beaucoup plus restreinte de la feuille. De plus, elle est souvent de forme triangulaire, la pointe du triangle, dirigée vers le bas, attei-

		Sphagnum lenense	*Sphagnum lindbergii*
Nombre de pousses		17	18
Nombre de feuilles		152	147
Longueur (mm)	$\bar{x} \pm s$	0,64 ± 0,06	1,21 ± 0,18
	étendue	0,53 - 0,80	0,80 - 1,60
Largeur (mm)	$\bar{x} \pm s$	0,57 ± 0,08	0,94 ± 0,21
	étendue	0,41 - 0,74	0,59 - 1,42

Tab. 1 — Données statistiques sur la variation des dimensions des feuilles caulinaires du *Sphagnum lenense* et du *S. lindbergii* au Québec-Labrador.

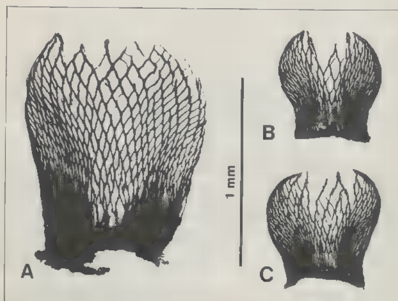


Fig. 2 — Feuilles caulinaires de *Sphagnum lindbergii* (A) et *Sphagnum lenense* (B et C).

gnant environ la moitié de la feuille. Dans cette même zone, les cellules chlorophylliennes sont souvent partiellement détruites de sorte qu'une échancrure peut apparaître dans la feuille. Elle rappelle l'échancrure caractéristique de la feuille caulinaire du *S. riparium*.

Chez le *Sphagnum lindbergii*, la bordure de la feuille s'amenuise graduellement vers le sommet de la feuille pour à peine atteindre l'apex qui est droit et lacinié sur toute sa largeur et parfois même un peu sur les côtés. Chez le *S. lenense*, au contraire, une bordure étroite est présente jusqu'au sommet de la feuille. De plus, à l'apex, les marges s'incurvent nettement vers le centre de la feuille et une faible portion seulement de l'apex est lacinié. Souvent, l'apex est constitué d'une paire de crochets qui se font face et qui sont en fait la terminaison abrupte de la bordure rendue libre par la résorption des cellules hyalines et chlorophylliennes adjacentes.

REPARTITION

Le *Sphagnum lenense* est une espèce circumpolaire. En Europe, il est confiné aux régions arctiques de l'U.R.S.S. (ISOVIITA 1966). En Asie, sa présence au Japon est signalée par SUZUKI (1972) qui précise qu'il ne se rencontre que dans une seule tourbière bombée située dans la partie la plus nordique de l'île Hokkaido, c'est-à-dire autour de 45° de latitude nord. Cette localité constitue la limite sud mondiale de l'espèce. L'inclusion du Japon dans l'aire de répartition du *S. lenense* par SAVICZ en 1936 est fondée sur une récolte du sud de l'île Sakhaline dont la partie située au sud du 50° de latitude nord appartenait au Japon de 1905 et 1945. L'île passa totalement à l'U.R.S.S. ensuite. Cette localité apparaît sur la carte de répartition mondiale de SMIRNOVA (1959).

En Amérique, le *Sphagnum lenense* s'étend d'est en ouest entre 60° et 70° de latitude nord. Son aire de répartition nous est connue par la carte de SCHOFIELD (1972) qui rassemble les données publiées pour l'Alaska par PERSSON (1949) et celles des Territoires du Nord-Ouest par HOLMEN & SCOTTER (1967). Les localités groenlandaises de LANGE (1952) sont aussi indiquées. A ces localités déjà connues, SCHOFIELD (1972) en ajoute deux nouvelles situées au Nouveau-Québec et déjà signalées par ANDREWS (1958) qui fut ainsi le premier à mentionner la présence du *S. lenense* au Québec-Labrador (Schofield in litt.). En effet, dans une discussion sur la validité de ce taxon, qu'il considère d'ailleurs comme la variété *microphyllum* du *S. lindbergii* comme le faisait WARNSTORF, ANDREWS (1958) indique qu'il en possède deux spécimens : l'un de J. Rousseau récolté à la rivière Payne (maintenant Arnaud) en 1948 et l'autre d'E. Lepage cueilli en 1944 au golfe de Richmond. Dans ce même article, ANDREWS indique aussi que le n° 80 du *Sphagna Boreali-Americana Exsiccata* récolté par le Rév. A.C. Waghorne à la rivière Pinware au Labrador et distribué par D.C. Eaton et E. Faxon en 1896 sous le nom de *S. lindbergii* var. *microphyllum*, n'appartient pas à ce taxon mais à une autre variété de *S. lindbergii*. WARNSTORF, qui identifia certainement cette récolte comme d'ailleurs la majorité sinon tous les spécimens de Waghorne, avait déjà corrigé son identification bien avant que ne le fasse ANDREWS en citant cet exciccatum

(n° 80) sous *S. lindbergii* var. *mesophyllum* dans son *Sphagnologia Universalis* de 1911. D'autre part, la mention récente de *S. lenense* pour le Labrador par BRASSARD & WEBER (1978) doit être aussi retranchée; le spécimen de Weber (n° 1553, CANM, MICH, NFLD) appartient au *S. lindbergii* comme c'est aussi le cas de celui de la rivière Georges dans l'Ungava (Weber 1241, CANM, MICHX, NFLD) que ces mêmes auteurs mentionnent également. Le *S. lenense* reste donc encore à découvrir au Labrador.

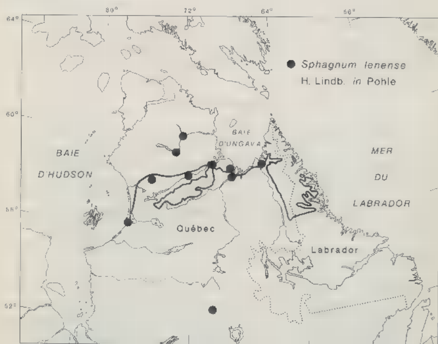


Fig. 3 – Répartition du *Sphagnum lenense* au Québec-Labrador. Le trait continu indique la limite des arbres.

Des explorations récentes permettent d'ajouter près d'une dizaine de nouvelles localités québécoises du *Sphagnum lenense* (Fig. 3) à celles déjà mentionnées par ANDREWS (1958) et SCHOFIELD (1972) :
QUÉBEC, NOUVEAU QUÉBEC : Rivière Arnaud, 59°58'N-72°23'W, Brown 18299, 18306, 18311 (CANM, QFBE). Rivière Payne, vers 60° lat. N (59°12' W) vers 73°07' long. W, Rousseau 936 (CU, MT). Baie aux Feuilles, 58°38'N-70°00'W, Ducruc 163-3 (QME), 163-11 (QFA), 164-3 (QFA), 164-9 (QFA, QME). Lac Berthet, 58°27'N-68°28'W, Ducruc 31-4 (QFA, QME). Environs de Fort-Chimo (Kuujjuaq), rive ouest du Koksoak, au nord du village, 58°07'N-68°21'W, Cayouette J81-403 (CANM, FH, QFA). Fort-Chimo (Kuujjuaq), Julien s.n. (QUE). Kangiqsualujjuaq (Port-Nouveau-Québec), environ 2 km au

nord-ouest du village, dans la grande vallée orientée NW-SE, 58°42'N-65°59'40"W, Gauthier 7550 (ALTA, CANM, FH, MICH, MT, NY, QFA, QUE, US). Rivière aux Feuilles, 58°15'N-72°W, Couillard 14-20 (CANM), 712 (FH, MICH, QFA). Région du lac Chavigny, lac au sud du lac Chavigny, rive nord-est, près de la décharge, 58°02'N-75°03'W, Cayouette J82-50 (CANM, QFA, US). Région du lac Chavigny, secteur sud-est du lac (baie), 58°o3'N-75°o4'W, Cayouette J82-302 (CANM, NY, QFA). Golfe de Richmond, lat. 56°10' (76 °38'W), Lepage et Dutilly 6623 (CU). Golfe de Richmond, vallée de l'Anorik au nord du Goulet, environ 3 km au sud-sud-est de la pointe Pamiallualuk, 56°11'60-76°38'20"W, Gauthier 6624 (ALTA, CANM, FH, MICH, NY, QFA, US), 6632 (CANM, MT, NFLD, QFA), 6635 (CANM, FH, MICH, QUE, QFA). Monts Otish, 52°29'N-70°20'W, Brown 6740 (CANM, QFA, QFBE).

A l'inverse des localités de l'Alaska et des Territoires du Nord-Ouest, toutes les localités québécoises sont situées au sud de 60° de latitude nord. Sur la côte de la baie d'Hudson, le *Sphagnum lenense* atteint vers le sud 56°10'N. Au centre du territoire, il a été observé encore plus loin au sud, mais à 1000 m d'altitude, dans les monts Otish par 52°29'N. Cette dernière localité constitue la limite méridionale du *S. lenense* en Amérique du Nord. Par ailleurs, la majorité des localités se répartissent sur une bande d'environ 200 km de large reliant le sud de la baie d'Ungava à la côte sud-est de la baie d'Hudson. C'est un territoire où les expéditions scientifiques ont été nombreuses, surtout ces dernières années, en raison de la présence dans ce territoire de la limite longitudinale des forêts étudiées par le Centre d'études nordiques de l'Université de Laval. Plus au nord, dans la péninsule d'Ungava, où les expéditions sont moins fréquentes, deux localités seulement sont connues.

La fréquence du *Sphagnum lenense* au Québec, dans une zone restreinte où les herborisations ont été assez intenses, est à l'image de la fréquence qu'on lui connaît dans les Territoires du Nord-Ouest, où la majorité des localités connues sont concentrées dans le delta du Mackenzie et dans le centre et l'ouest du Keewatin où les herborisations ont aussi été fréquentes. Le fait qu'il puisse être facilement confondu sur le terrain avec le *S. fuscum* peut expliquer partiellement sa faible fréquence dans les collections. Il n'en demeure pas moins qu'il s'agit d'une espèce peu récoltée parce que peu fréquente.

Dans toutes les localités où il a été observé au Nouveau-Québec, le *Sphagnum lenense* croît en toundra. C'est d'ailleurs dans ce même milieu qu'il a été observé ailleurs en Amérique et en Europe. STEERE (1978) affirme qu'il s'agit d'une espèce circumpolaire du Haut-Arctique alors que SCHOFIELD (1972) le classe plutôt parmi les éléments circumpolaires du Bas-Arctique. SAVICZ-LJUBITZKAJA & SMIRNOVA (1968) ajoutent qu'en U.R.S.S., il croît aussi dans les forêts conifériennes tourbeuses et les broussailles subalpines et le qualifient d'arctique-alpin. Sa découverte dans la toundra au sommet des monts Otish vers 1000 m d'altitude à la limite sud de son aire de répartition indique qu'en Amérique aussi, le *S. lenense* est présent en milieu alpin. Il serait donc plus approprié de le considérer à l'échelle mondiale comme un élément circumpolaire arctique-alpin.

HABITAT

Au Nouveau-Québec, le *Sphagnum lenense* croît sur la tourbe dans presque toutes les stations où il a été observé. Dans les sept stations où un profil de sol a été examiné, le pergélisol est présent entre 20 et 45 cm de profondeur et la tourbe constitue tout le mollisol. Dans tous les profils, la tourbe de surface n'est pas décomposée et cette tourbe fibrique occupe le plus souvent moins de la moitié de l'épaisseur du mollisol. COUILLARD (1983) a montré qu'à la station de la rivière aux Feuilles, cette tourbe est constituée en majeure partie des restes

N° de la colonie	1	2	3	4	5	6	Fréquence relative	Recouvrement moyen
N° du relevé (25 cm x 25 cm)	1 2 3 4	1 2 3 4 5	1 2 3 4	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5 6 7	1 2 3 4 5 6 7		
Nombre d'espèces								
par relevé	9 10 10 14	11 15 17 16 19	14 17 13 17	19 12 16 13 18	18 15 15 11 12 11 20	11 8 10 10 10 7 14		
moyen par relevé	10,7	15,6	15,3	15,6	14,6	10		
par colonie	18	[illegible]	24	25	24	20		
Arbustes								
Vaccinium vitis-idaea	1 1 1 1	+ + + + +	1 + + 1	+ + + + +	. . + + + . .	+ + + + + + +	10	+
Ledum groenlandicum	1 . +	. . + + +	1 . + .	1 2 2 1 .	. . . + + . .	+ + 1 1 1 + 2	7	1
Betula glandulosa	2 1 . 1	2 1 1 . 2	1 1 . .	1 1 2 1 1	+ . 1 . . 1 1	2 . 1 1 1 . .	7	1
Vaccinium uliginosum	2 + . 1	+ 2 1 + +	2 2 3 2	3 2 1 1 1	. . . .	. . . . + . .	6	2
Ledum palustre	2 1 . .	1 + + + +	1 1 + 1	1	. . . . . 1 +	. . . .	5	1
Salix arctophila	. . . .	. . . . .	. 2 + +	. . 1 1 2	. . . .	. . . .	2	2
Andromeda polifolia	. . . .	. . . . .	. . . .	. . . . .	+ + + + + + +	. . . .	3	+
Picea mariana	. . . .	. . . . .	. . . .	. . . . .	. . . .	. . . . . 2 3	1	2
Herbacées								
Carex bigelowii	1 1 1 1	1 1 1 2 1	+ 1 + 1	+ + + + +	2 1 2 1 1 1 +	1 1 1 1 + 1 +	10	1
Pedicularis labradorica	1 1 + +	. + + + +	+ . . .	. . + + +	. . . .	. . . .	4	+
Scirpus caespitosus var. *callosus*	. . . .	. + . + 1	. . . +	+ . . . +	+ + + . . . +	. . . .	4	+
Polygonum viviparum	. . . .	. + + + .	. . . .	+ . . . +	+ . . . . . +	+	3	+
Rubus chamaemorus	. . . .	. . . . .	. . . .	. . . . .	+ 1 1 1 1 1 1	+ 1 1 1 + + +	5	1
Pinguicula villosa	. . . .	. . . . .	. . . .	. . . . .	+ + . + . + +	. . . . + . +	3	+
Carex rariflora	. . . .	. . . . .	. . . .	. . . . .	. . . . + + +	+ . + . . . +	2	+
Bryophytes								
Sphagnum lenense	5 5 5 5	5 5 5 5 5	5 5 5 5	5 5 5 5 5	5 5 5 5 5 5 5	5 5 5 5 5 5 5	10	5
Polytrichum strictum	+ + + +	. + + + .	. . + +	+ + + + +	+ + + + + + +	. . + + + + +	9	+
Anastrophyllum minutum	. . . +	+ 1 + + +	+ + 1 1	+ . + + +	+ + + + + . +	. + ... +	7	+
Dicranum groenlandicum	. . . +	+ 1 + . +	+ + + +	+ . + + .	+ + + . + . +	. + ... +	6	+
Aulacomnium turgidum	+ + . +	. . . . +	+ + + .	+ 1 + + +	. . . .	. . . .	4	+
Pohlia nutans	. . . .	. . . . .	. + . +	. + + . .	+ + + . + + +	+ . . + . . .	4	+
Drepanocladus badius	. . . .	. . . . +	. + . +	+ . . . +	+ . + . . + +	+ . . . . . +	4	+
Sphagnum balticum	. . . .	. . . . .	. . . .	 1	+ + + + . . +	+ + + + . . .	4	+
Sphagnum russowii	. . . .	. . . . .	. + . +	2 + . . +	. . . .	. . + + . . +	3	1
Ptilidium ciliare	. . . +	. . . . +	. . . +	+ . . . +	. + ... +	. . . .	3	+
Pleurozium schreberi	. . + +	. . . . .	. . . .	. . . . .	. . . .	. . . .	1	+
Mylia anomala	. . . .	. . . . .	. . . .	. . . . .	. . . .	. . . . . . +	1	+
Lichens								
Cladonia amaurocraea	. + . .	+ + + 1 +	+ + 1 +	+ + + . .	. . . .	. . . .	5	+
Cladina rangifera	. . . .	. . + 1 .	. + . +	+ . + + .	+ . + + . . +	. . . . + . .	4	+
Cladina stellaris	. . 1 .	+ + + 1 1	. . + .	. . . . +	+ + ... +	. . . .	4	+
Cetraria cucullata	. . . .	. . . + .	+ + . +	+ + + . .	. . + . . . +	. . . .	4	+
Cetraria nivalis	. . + +	+ . + . +	. + . .	. . . . .	+ + . . + . .	. . . .	3	+
Cetraria islandica	. . . .	. + + + +	. . . .	. . . . +	. . . .	. . . .	2	+
Cladina mitis	. . . .	. . . . .	+ . . .	. . . . .	. + ...	. . . .	1	+
Sphaerophorus globosus	. . . .	. . . . +	. . . .	. . . . .	. . . .	. . . .	1	+

Echelle de recouvrement: + = - 1%; 1 = 1 à 5%; 2 = 5 à 25%; 3 = 25 à 50%; 4 = 50 à 75%; 5 = 75 à 100%.
Echelle de fréquence: 1 = 1 à 9%; 2 = 10 à 19%; 3 = 20 à 29%; 4 = 30 à 39%; 5 = 40 à 49%; 6 = 50 à 59%; 7 = 60 à 69%; 8 = 70 à 79%; 9 = 80 à 89%; 10 = 90 à 100%.

Tab. 2 — Recouvrement des espèces dans les colonies du *Sphagnum lenense* à la station de Kangiqsualujjuaq (Port-Nouveau-Québec) au Nouveau-Québec.

du *S. lenense* lui-même auxquels s'ajoute une quantité variable de ceux du *S. balticum*. Au-dessous de cette première couche fibrique, la tourbe est partiellement (mésique) à fortement (humique) décomposée. La nappe phréatique est généralement basse : 18 et 25 cm dans lès deux profils où sa profondeur a été notée à la fin de l'été.

Au Nouveau-Québec, tous les milieux où le *Sphagnum lenense* a été observé appartiennent à la toundra. C'est dans ceux dominés par les lichens que le *S. lenense* est le plus fréquent. Un groupe de cinq espèces de lichens compose la majeure partie de la végétation de cette toundra. Ce sont : *Alectoria ochroleuca, Cetraria nivalis, Bryoria nitidula, Cladina stellaris* et *C. rangiferina*. Sur les plateaux palsiques lichéniques de la rivière aux Feuilles étudiés par COUILLARD (1983), deux autres espèces tout aussi importantes s'ajoutent à ce groupe : *Cladina mitis* et *Cornicularia divergens*. Les bryophytes accompagnant les lichens varient d'une station à l'autre. *Dicranum elongatum* est l'espèce la plus fréquente.

Parmi les plantes herbacées, qui sont peu nombreuses, *Rubus chamaemorus* et *Eriophorum vaginatum* spp. *spissum* sont les deux espèces les plus fréquentes. Le nombre d'espèces arbustives est plus élevé que celui des plantes herbacées. *Vaccinium vitis-idaea* et *Ledum palustre* montrent les plus hautes fréquentes et composent la majeure partie de la strate arbustive, quoiqu'en général cette strate demeure très clairsemée.

Une étude a été menée dans le but de connaître les végétaux qui sont intimement associés au *Sphagnum lenense*, c'est-à-dire ceux qui croissent à travers les colonies de cette sphaigne lorsqu'elle se développe dans la toundra lichénique. Elle a été réalisée en 1984 à la station située au nord-ouest de Kangiqsualujjuaq (Port-Nouveau-Québec). Six colonies de dimension variable ont été étudiées à l'aide de relevés contigus de forme carrée mesurant 625 cm^2 (25 cm x 25 cm) de surface et disposés en ligne droite orientée dans la plus grande dimension de la colonie. Le recouvrement de chaque espèce a été estimé dans chaque relevé et les résultats apparaissent au tableau 2.

Les colonies de *Sphagnum lenense* sont situées dans les dépressions d'une toundra lichénique fortement bosselée par des buttes surtout formées de colonies compactes de mousses du genre *Dicranum*. Les dépression par contre sont plutôt planes et ne couvrent qu'environ 10 pour cent de la surface. Leur végétation est surtout herbacée, nettement dominée par *Carex bigelowii*. *Scirpus caespitosus* var. *callosus*, la seconde herbacée d'importance, est très dispersé à travers le *Carex bigelowii*. Les arbustes sont très peu abondants et leur taille est généralement inférieure à celle du *C. bigelowii*. Au sol, les lichens sont pratiquement absents, remplacés par des mousses et des hépatiques.

C'est à travers ce tapis herbeux que s'élèvent les colonies de *Sphagnum lenense* formant des buttes dont la hauteur maximale varie de 14 à 29 cm (Tabl. 3). VITT & ANDRUS (1975) signalent que, dans la succession des espèces de sphaignes des dépressions jusqu'au sommet des buttes, le *S. lenense* occupe l'avant-dernière position, juste avant le *S. fuscum* qui coiffe le sommet des buttes. A Kanqiqsualujjuak, les buttes sont entièrement couvertes de *S. lenense*. Seuls

Nº de la colonie :	1	2	3	4	5	6	7	8
Hauteur en cm :	22	26	14	20	21	25	29	13

Tab. 3 – Hauteur maximale des buttes de *Sphagnum lenense* à Kangiqsualujjuaq, Nouveau-Québec.

quelques rares individus du *S. russowii* et du *S. balticum* apparaissent ici et là à travers le *S. lenense.* Ailleurs, dans la même station, quelques buttes seulement de *S. russowii* ont pu être observées. Les sphaignes ne jouent dans cet habitat qu'un rôle très mineur à l'inverse de ceux mentionnés par VITT & ANDRUS (1975) où les sphaignes constituent l'élément dominant de la végétation.

Dans les colonies étudiées, au total, 35 espèces ont été trouvées (Tab. 2) auxquelles devraient s'ajouter les 6 espèces de bryophytes suivantes notées à travers quelques échantillons examinés au retour du terrain : *Barbilophozia binsteadii, B. kunzeana, Blepharostoma trichophyllum, Dicranella grevilleana, Dicranum spadiceum* et *Calliergon sarmentosum.* Dans ce nombre, les cryptogames dominent nettement avec un total de 18 bryophytes et 8 lichens alors que le nombre d'arbustes et d'herbacées ne s'élève qu'à 8 et 7 respectivement. Toutes ces plantes possèdent un très faible recouvrement. Il est très rare en effet qu'il dépasse 25 % et les recouvrements supérieurs à 5 % sont eux-mêmes très peu fréquents.

Les arbustes les plus fréquents sont *Vaccinium vitis-idaea, Ledum groenlandicum* et *Betula glandulosa.* Chez les herbacées, seul le *Carex bigelowii* présente une fréquence élevée ; il est d'ailleurs la seule espèce à apparaître dans tous les relevés. *Polytrichum strictum. Anastrophyllum minutum* et *Dicranum groenlandicum* sont les seules cryptogames à accompagner le *Sphagnum lenense* dans plus de la moitié des relevés. Les autres espèces possèdent non seulement un très faible recouvrement, mais elles sont aussi très peu fréquentes dans les relevés, ce qui indique qu'elles sont très dispersées dans les colonies. A Kangiqsualujjuaq, le *Sphagnum lenense*, installé en grandes colonies (un mètre de diamètre et plus chez celles étudiées), forme donc des populations bien serrées et pratiquement pures. C'est d'ailleurs ce caractère et leur coloration brun orangé qui permettent d'apercevoir ces populations d'assez loin dans la toundra, notamment les jours ensoleillés.

Au cours d'études de communautés végétales de toundra à lichens au Nouveau-Québec, quelques stations de *Sphagnum lenense* ont été examinées par d'autres chercheurs qui ont bien voulu mettre leur documentation à notre disposition (J.P. Ducruc et L. Couillard, com. pers.). La méthode d'interception de la ligne a alors été utilisée. Seuls les segments dans lesquels apparaissait le *Sphagnum lenense* sont considérés ici et la fréquence relative des espèces accompagnant le *S. lenense* dans ces segments a été calculée (Tabl. 4).

Le nombre total d'espèces observées (27) en compagnie du *Sphagnum lenense* dans l'ensemble des stations étudiées est nettement inférieur à celui obtenu à

Station	A	B	C	D
N° des transects	31	164	163	14
Nombre de segments	21	11	4	16
Longueur du segment (cm)	20	20	20	10
Nombre d'espèces	12	15	13	13
Arbustes				
Ledum palustre	8	[illegible]	6	4
Vaccinium vitis-idaea	9	8	.	1
Empetrum nigrum	8	1	6	1
Betula glandulosa	.	4	3	.
Vaccinium uliginosum	.	.	8	.
Herbacées				
Rubus chamaemorus	8	6	3	6
Eriophorum vaginatum ssp. *spissum*	.	7	10	2
Carex bigelowii	.	.	10	.
Carex saxatilis var. *rhomalea*	.	4	.	.
Bryophytes				
Sphagnum lenense	10	10	10	10
Dicranum elongatum	8	3	.	.
Sphagnum balticum	.	.	8	4
Sphagnum russowii	.	.	10	.
Oncophorus wahlenbergii	.	.	10	.
Aulacomnium turgidum	.	1	3	.
Polytrichum strictum	.	3	.	.
Calliergon sarmentosum	.	.	6	.
Barbilophozia binsteadii	.	.	.	2
Dicranum groenlandicum	.	.	.	1
Polytrichum commune	.	.	.	1
Lichens				
Alectoria ochroleuca	10	6	.	1
Cetraria nivalis	9	7	.	.
Bryoria nitidula	6	10	.	.
Cladina rangiferina	6	3	.	.
Cladina stellaris	7	.	.	.
Cetraria islandica	7	.	.	.
Cladonia amaurocraea	.	.	.	1

Code des fréquences 1 = 1 à 9%; 2 = 10 à 19%; 3 = 20 à 29%; 4 = 30 à 39%; 5 = 40 à 49%; 6 = 50 à 59%; 7 = 60 à 69%; 8 = 70 à 79%; 9 = 80 à 89%; 10 = 90 à 100%.

Stations A: Lac Berthet 58°27'N.-68°28'O.; B et C: Baie aux Feuilles 58°38'N.-70°00'O.; D: Rivière aux Feuilles 58°15'N.-72°00'O.

Sources Stations A, B et C: Documentation inédite du Service des inventaires écologiques, Ministère de l'Environnement du Québec; Station D: Données brutes de Couillard (1983).

Tab. 4 — Fréquence relative des espèces dans les segments des transects où est présent le *Sphagnum lenense* dans les communautés de toundra à lichens au Nouveau-Québec.

Kangiqsualujjuaq (41). Par contre la similitude floritique de ces stations avec celle de Kangiqsualujjuaq est assez grande ; 17 espèces sont communes. La fréquence relative de chaque espèce varie beaucoup d'une station à l'autre et les fréquences élevées sont nettement plus nombreuses aux stations A, B et C qu'à celles de Kangiqsualujjuaq. A la station D par contre, c'est le contraire qui se produit. Tout comme les fréquences relatives, la composition floristique varie beaucoup d'une station à l'autre. Ainsi, seulement trois espèces sont communes aux quatre stations et l'une d'elles, *Empetrum nigrum*, est totalement absente des relevés de Kangiqsualujjuaq ; les deux autres, *Ledum palustre* et *Rubus chamaemorus*, apparaissent dans moins de la moitié des relevés. Ces résultats fragmentaires tendent à démontrer qu'au Nouveau-Québec le *Sphagnum lenense* s'est installé dans plusieurs types de communautés de la toundra rase à lichens.

Le *Sphagnum lenense* n'est d'ailleurs pas confiné à la toundra lichénique au Nouveau-Québec. A la rivière Arnaud par exemple, localité la plus nordique de l'espèce au Québec-Labrador, le *S. lenense* domine le tapis de sphaignes sous une arbustaie basse dominée par *Salix arctophila*. *Sphagnum aongstroemii* et *S. lindbergii* sont aussi présents.

La bordure des plans d'eau (mares, étangs et lacs) est un autre type d'habitat où le *Sphagnum lenense* a été observé au Nouveau-Québec. C'est d'ailleurs de cet habitat que provient la première récolte de l'espèce au Québec par Lepage en 1944 ; son étiquette mentionne « border of alpine lake ». Il est plus fréquent en bordure des mares sur roche en place, sans doute parce que ce type de plan d'eau est le plus fréquent dans ces régions arctiques.

Les quelques renseignements que nous possédons sur la station des monts Otish, limite sud de l'espèce en Amérique du Nord, nous indiquent qu'elle diffère notablement de celles mentionnées auparavant. C'est une petite tourbière minérotrophe mince ; l'épaisseur de la tourbe est inférieure à 1 m. Sa végétation est dominée par les *Carex* disposés en touffes entre lesquelles s'étalent des colonies de sphaignes dont *Sphagnum lenense*. La structure cordée s'est faiblement développée à la surface de la tourbière. A environ 1000 m d'altitude, cette station est située dans l'étage supérieur (alpin) de la région écologique des Monts-Otish de GERARDIN (1980), plus précisément à la limite inférieure des landes alpines au contact des formations de krummholz de sapin baumier (*Abies balsamea*) et d'épinette noire (*Picea mariana*).

CONCLUSION

Le *Sphagnum lenense* est une bonne espèce qui se distingue facilement du *S. lindbergii*. Au Québec-Labrador, la majorité des stations connues sont réparties au voisinage de la limite des arbres. Cette répartition reflète sans doute beaucoup plus les efforts d'herborisation dans cette région que la véritable répartition du *S. lenense* au Québec-Labrador. Des recherches plus intenses dans la toundra de la péninsule de l'Ungava et du Labrador permettraient certainement de donner une image plus réaliste de sa répartition au Québec-Labrador.

L'analyse des données disponibles sur l'habitat de cette sphaigne indique qu'elle croît surtout sur la tourbe et qu'elle se rencontre surtout dans divers types de toundra rase à lichens. Elle a aussi été observée dans des groupements végétaux sur tourbe mince installés en bordure des lacs, des étangs et surtout des mares sur roche en place. Les données rassemblées ici ne donnent cependant qu'une image fragmentaire de l'écologie de cette sphaigne arctique-alpine. Beaucoup de travaux sont encore nécessaires pour préciser ses exigences écologiques et le rôle qu'elle peut jouer dans la dynamique des communautés végétales sur tourbe. A ce propos, COUILLARD (1983) a démontré, à la suite d'examen de coupes verticales dans une tourbière de la rivière aux Feuilles, que le *Sphagnum lenense* a succédé au *S. balticum* à la suite de l'assèchement de la surface de la tourbe.

Avec le *Sphagnum lenense* et le *S. aongstroemii* récemment découvert au Québec (GAUTHIER & DUCRUC 1984), la flore sphagnologique du Québec-Labrador compte deux des quatre éléments dont l'aire de répartition se limite ailleurs en Amérique à la portion de territoire comprise entre 60° et 70° de latitude nord. *S. perfoliatum* signalé au Keewatin et en Alaska par HOLMEN & SCOTTER (1967) et *S. arcticum* récemment décrit par FLATBERG & FRISVOLL (1984) n'ont pas encore été trouvés au Québec-Labrador.

REMERCIEMENTS. — L'auteur tient à exprimer toute sa gratitude à J.P. Ducruc, L.D. Brown, J. Cayouette et L. Couillard pour avoir mis à sa disposition leurs données inédites. Des remerciements s'adressent aussi à P. Morisset qui a revisé une première version du manuscrit, à M. Boivin, S. Fiset et C. Roy de l'Herbier Louis-Marie et G. Ayotte du Département de phytologie qui ont contribué de diverses façons à la réalisation de ce travail. L'auteur est particulièrement reconnaissant à S. Payette, directeur du Centre d'études nordiques de l'Université Laval qui a rendu possible ses séjours au Nouveau-Québec. Une subvention du ministère de l'Education du Québec (Fonds F.C.A.C., projet n° EQ-1692) a permis de défrayer une partie des coûts du séjour de l'auteur à Kangiqsualujjuaq.

RÉFÉRENCES

ANDREWS A.L., 1958 — Notes on North American *Sphagnum*. X. Review. *Bryologist* 61 (4) : 269-276.

BOIVIN B., 1980 — Survey of canadian herbaria. *Provancheria* n° 10, 187 p.

BRASSARD G.R. & WEBER D.P., 1978 — The mosses of Labrador, Canada. *Canad. J. Bot.* 56 (5) : 441-466.

BRODO I., 1976 — A new combination for *Cladonia stellaris*. *Bryologist* 79 (3) : 363-364.

COUILLARD L., 1983 — Evolution de la végétation d'une tourbière à plateau palsique, rivière aux Feuilles, Nouveau-Québec. Thèse M.Sc., Fac. Sci. agric. et alim., Univ. Laval, Québec, 63 p.

FLATBERG K.I. & FRISVOLL A.A., 1984 — *Sphagnum arcticum* sp. nov. *Bryologist* 87 (2) : 143-148.

GAUTHIER R. & DUCRUC J.P., 1984 — Contribution à la connaissance des sphaignes (*Sphagnum*) du Québec-Labrador, 1 : première mention du *Sphagnum aongstroemii* C. Hartm. au Québec. *Naturaliste Canad.* 111 (3) : 241-244.

GERARDIN V., 1980 — L'inventaire du capital-nature du territoire de la Baie-James. Les régions écologiques et la végétation des sols minéraux, Tome I : Méthodologie et description. Environnement Canada et Société de développement de la Baie-James, 398 p.

HALE M. & CULBERSON W.L., 1970 — A fourth checklist of the lichens of the continental United States and Canada. *Bryologist* 73 (3) : 499-543.

HOLMEN K. & SCOTTER G.W., 1967 — *Sphagnum* species of the Thelon River and Kaminuriak Lake regions, Northwest Territories. *Bryologist* 70 (4) : 432-437.

HOLMGREN P.K., KEUKEN W. & SCHOFIELD E.K., 1981 — Index Herbariorum. Part 1, The herbaria of the world. The Hague/Boston : W. Junk. 452 p.

IRELAND R.R., BIRD C.D., BRASSARD G.R., SCHOFIELD W.B. & WITT D.H., 1980 — Checklist of the mosses of Canada. *Natl. Mus. Canada (Natl. Mus. Nat. Sci.), Publ. Bot.* 8, 75 p.

ISOVIITA P., 1966 — Studies on *Sphagnum* L. 1. Nomenclatural revision of the European taxa. *Ann. Bot. Fenn.* 3 (2) : 199-264.

LANGE B., 1952 — The genus *Sphagnum* in Greenland. *Bryologist* 55 (2) : 117-126.

PERSSON H., 1949 — Studies in the bryophyte flora of Alaska-Yukon. *Svensk Bot. Tidskr.* 43 : 491-533.

PILOUS Z., 1971 — Bryophyta Mechorosty, *Sphagnidae* - Michy rašeliníkové. Praha : Nakladatelstvi Československé Akademie Věd. 412 p.

POHLE R.R., 1915 — Materialy dlya poznaniya rastitel'nosti severnoy Rossii. I.K flore mkhov severnoy Rossii. *Trudy Imp. Bot. Sada Petra Velikago (= Acta Horti Petropolit.)* 33. 1, I-VIII + 1 - 148 + pls. I-X.

SAVICZ L., 1936 — *Sphagnales* Partis Europaea URSS. Mosqua, Leningrad: Institutum Botanicum, Academiae Scientiarum URSS. 104 p.

SAVICZ-LJUBITZKAJA L., 1952 — Sphagnales. *In* : Flora plantarum cryptogamarum URSS. I. Musci frondosi (1). Mosqua, Leningrad, 254 p.

SAVICZ-LJUBITZKAJA L.I. & SMIRNOVA Z.N., 1968 — The Handbook of *Sphagnaceae* of the U.R.S.S. Leningrad : « Nauka ». 112 p.

SCHOFIELD W.B., 1972 — Bryology in arctic and boreal North America and Greenland. *Canad. J. Bot.* 50 (5) : 1111-1133.

SCOGGAN H.J., 1978-1979 — The flora of Canada. *Natl. Mus. Canada (Natl. Mus. Nat. Sci.), Pub. Bot.* 7 (4 vols), 1711 p.

SMIRNOVA Z.N., 1959 — Ad bryofloram regionum arcticarum Jakutiae et orientis extremi. *Trudy Bot. Inst. Akad. Nauk S.S.S.R., ser. 2 Sporov. Rast.* 12 : 274-300.

STEERE W.C., 1978 — The mosses of arctic Alaska. *Bryophyt. Biblioth.* 14, 508 p.

STOTLER R. & CRANDALL-STOTLER B., 1977 — A checklist of the liverworts and hornworts of North America. *Bryologist* 80 (3) : 405-428.

SUZUKI H., 1972 — Distribution of *Sphagnum* species in Japan and an attempt to classify the moors basing on their combination. *J. Hattori Bot. Lab.* 35 : 1-24.

WARNSTORF C., 1893 — Beiträge zur Kenntnis exotischer *Sphagna*. *Hedwigia* 32 (1) : 1-17.

WARNSTORF C., 1903 — Leber- und Torfmoose. II. Klasse Torfmoose (*Sphagna*). *In* : Kryptogamenflora der Mark Brandenburg und angrenzender Gebiete 1 (3) : 292-481.

WARNSTORF C., 1911 — Sphagnales - Sphagnaceae (Sphagnologia universalis). *In* : ENGLER A., Das Pflanzenreich, 51, 546 p.

INFORMATIONS

OUVRAGES RECEMMENT RECUS

BOISSIER Edmond - botaniste genevois - 1810-1885-1985. Genève: Conservatoire et Jardin Botaniques de la ville de Genève, 1985. 49 p., ill. (Série documentaire 17 des Conservatoire et Jardin Botaniques).

DE ZUTTERE Ph., WERNER J., SCHUMACKER R. - La bryoflore du Grand-Duché de Luxembourg: taxons nouveaux, rares ou méconnus. Luxembourg: Musée d'Histoire Naturelle, 1985. 153 p. (ISSN 0251-2424 - Trav. Sci. Mus. Hist. Nat. Luxembourg 5; Musée d'Histoire Naturelle, Marché aux Poissons, L-2345 Luxembourg).

DÜLL R. - Exkursions-Taschenbuch der wichtigsten Moose Deutschlands. Rheurdt: IDH-Verlag fur Bryologie und Ökologie, 1985. 273 p., ill. (Irène Düll-Hermanns, Hochend 62a, D-4137 Rheurdt; 30 DM).

LI Zhi-hua - A revision of the Chinese species of *Fissidens* (Musci, Fissidentaceae). *Acta Botanica Fennica* 1985, 129. 65 p. (Academic Bookstore, Keskusttkatu 1, SF-00100 Helsinki; FIM 50.00, environ USD 9.00).

PFISTER D.H. - A bibliographic Account of Exsiccatae containing Fungi. *Mycotaxon* 1985, 23: 1-139.

TELOPEA 1984, 2(5), dedicated to William Walter WATTS (1856-1920), photo. Ce numéro contient notamment un catalogue des mousses du New South Wales par H.P. RAMSAY. (Royal Botanic Gardens, Sydney, Australia).

VAN SLAGEREN M. - A taxonomic monograph of the genera *Brachiolejeunea* and *Frullanoides* (Hepaticae) with a SEM analysis of the sporophyte in the Ptychanthoideae. Thèse Université Utrecht, 2 décembre 1985. 309 p., ill.

ASSOCIATION FRANCAISE DE LICHENOLOGIE -

La prochaine excursion bisannuelle de l'AFL aura lieu dans le Valais, en Suisse, du 8 au 11 mai 1986. Pour tout renseignement, s'adresser à J.C. BOISSIERE, Laboratoire de Biologie végétale, Route de la Tour Denécourt, F-77300 Fontainebleau.

Cryptogamie, Bryol. Lichénol. 1985, 6, 4: 394-396.

BIBLIOGRAPHIE BRYOLOGIQUE

D. LAMY*

SYSTEMATIQUE, NOMENCLATURE

85-312 GRADSTEIN S.R. - Contributions to [redacted] monograph of the Lejeuneaceae subfamily Ptychanthoideae. *Beih. Nova Hedwigia* 1985, 80. 248 p., ill. (voir les n° *85-313* à *85-319*, *85-321* à *85-323*).

85-313 GRADSTEIN S.R. - A Guide to the Holostipous Lejeuneaceae. *In:* S.R. GRADSTEIN, Contributions to a monograph of the Lejeuneaceae subfamily Ptychanthoideae. *Beih. Nova Hedwigia* 1985, 80: 13-29 (Inst. Syst. Bot., Heidelberglaan 2, 3508 TC Utrecht, The Netherlands).

Clé générique, avec caractères végétatifs et renvois à la bibliogr. essentielle sur les genres et les espèces des Lejeuneaceae à amphigastres entiers. 5 sous-familles sont reconnues. Diagn., descr. de *Schiffneriolejeunea amazonica* sp. nov. du Brésil, du Pérou et de la Bolivie. Comb. nouv.: *Spruceanthus sulcatus* (Nees) (= *Jungermannia*), *S. theobromus* (Spruce) (= *Lejeunea*). *Lindigianthus* Kruijt et Gradst. (*Dicranolejeunea cipaconeus* (Gott.) Steph.).

85-314 GRADSTEIN S.R. - A revision of the genus *Stictolejeunea* (Spruce) Schiffn. *In:* S.R. GRADSTEIN, Contributions to a monograph of the Lejeuneaceae subfamily Ptychanthoideae. *Beih. Nova Hedwigia* 1985, 80: 195-220, 4 fig., 3 tabl. (Ibidem).

Taxonomie, affinités et distr. du genre *Stictolejeunea* (Spruce) Schiffn., comprenant 3 esp.: *S. squamata* (Willd. ex Web.) Schiffn., *S. balfourii* (Mitt.) E.W. Jones (var. *balfourii* , var. *bekkeri* var. nov.) et *S. iwatsukii* Mizut. Esp. exclues. Taxonomie, syn. nouv., descr., ill., distr., affinités de chaque taxon. *S. balfourii* et *S. iwatsukii* forment le sous-genre *Parastictolejeunea* subgen. nov. (en fait *Leptostictolejeunea* Schust.).

85-315 GRADSTEIN S.R. and BUSKES G.M.C. - A Revision of Neotropical *Archilejeunea* (Spruce) Schiffn. *In:* S.R. GRADSTEIN, Contributions to a monograph of the Lejeuneaceae subfamily Ptychanthoideae. *Beih. Nova Hedwigia* 1985, 80: 87-112, 4 fig. (Ibidem).

Clé aux 4 esp. et 4 var. d'*Archilejeunea*, réparties en [redacted] sous-genres et connues des forêts de basse altitude d'Amérique tropicale. Pour chaque taxon: taxonomie, descr., ill., distr. et écol. *Archilejeunea* subgen. *Archilejeunea* (*A. crispistipula* (Spruce) Steph., *A. juliformis* (Nees) Gradst. (var. *juliformis*, var. *unicarinata* (Spruce) c.n. (=*Lejeunea unciloba* var. *unic.*)), *A porelloides* (Spruce) Schiffn.), subgen. *Dibrachiella* (Spruce) Schiffn. (*A. parviflora* (Nees) Schiffn. (var. *parviflora*, var. *florentissima* (Spruce) c.n. (=*Lejeunea florentissima* var. *monotropa* Spruce =var. *florentissima*)). 24 taxons sont exclus. *Archilejeunea fuegiana* Besch. et Mass., *A. huamuensis* (Gott.) Steph. et *A. saccatiloba* Steph. sont transférés respectivement aux genres *Blepharolejeunea, Omphalanthus* et *Cyrtolejeunea*.

* Laboratoire de Cryptogamie, 12 rue Buffon, 75005 Paris.

85-316 GRADSTEIN S.R. and VAN BEEK J. - A revision of the genus *Symbiezidium* Trevis. *In:* S.R. GRADSTEIN, Contributions to a monograph of the Lejeuneaceae subfamily Ptychanthoideae. *Beih. Nova Hedwigia* 1985, 80: 221-248, 5 fig., 1 tabl. (Ibidem).

Historique, taxonomie, affinités et distr. du genre *Symbiezidium* Trev., clé. Taxonomie, descr., ill., distr., écol., notes des taxons: *S. madagascariense* Steph. (esp. type de *Eosymbiezidium* subgen. nov.), *S. transversale* (Sw.) Trev. (subsp. *transversale* (var. *transversale*, var. *hookeriana* (Gott.) c.n. (=*Lejeunea transversale* var.)), subsp. *dentatum* (Herz.) c.n. (=*Symbiezidium d.*)), *S. barbiflorum* (Lindenb. et Gott.) Evans. 33 esp. sont exclues.

85-317 GRADSTEIN S.R. and VANDEN BERGHEN C. - *Schiffneriolejeunea* sect. *Pappeanae* en Afrique. *In:* S.R. GRADSTEIN, Contributions to a monograph of the Lejeuneaceae subfamily Ptychanthoideae. *Beih. Nova Hedwigia* 1985, 80: 173-193, 11 fig. (Ibidem).

Schiffneriolejeunea Verd. est représenté en Afrique par [redacted] esp. dont 4 constituent la sect. *Pappeanae* sect. nov. Clé. Taxonomie, descr., ill., distr., observations de *S. pappeana* (Nees) Gradst., *S. fragilis* Gradst. et E.W. Jones, *S. madagascariensis* (Steph.) Gradst., *S. parviloba* (Steph.) Gradst. *S. pappeana* comprend: var. *pappeana*, var. *p.* f. *verrucosa* f. nov., var. *integra* var. nov. et var. *bidentata* var. nov.

85-318 KRUIJT R. Ch. - A preliminary revision of the genus *Dicranolejeunea* (Spruce) Schiffn. *In:* S.R. GRADSTEIN, Contributions to a monograph of the Lejeuneaceae subfamily Ptychanthoideae. *Beih. Nova Hedwigia* 1985, 80: 155-163, 1 fig. (Inst. Syst. Bot., Heidelberglaan 2, 3508 TC Utrecht, The Netherlands).

Notes taxonom. et distr. des 9 esp. reconnues dans le genre *Dicranolejeunea*, genre pantropical. Le genre *Acanthocoleus* Schust. est traité en sous-genre de *Dicranolejeunea*. Nouveaux synonymes.

85-319 KRUIJT R. Ch. and GRADSTEIN S.R. - A new genus of Lejeuneaceae from Tropical America: *Lindigianthus* gen. nov. *In:* S.R. GRADSTEIN, Contributions to a monograph of the Lejeuneaceae subfamily Ptychanthoideae. *Beih. Nova Hedwigia* 1985, 80: 165-172, 1 fig. (Ibidem).

Diagn., descr., ill. de *Lindigianthus* gen. nov., monotypique (*L. cipaconeus* (Gott.) c.n. (=*Lejeunea*)). Notes morphologiques.

85-320 LI Zhi-hua - A revision of the chinese species of *Fissidens* (Musci, Fissidentaceae). *Acta Bot. Fenn.* 1985, 129: 1-65, 28 fig., 4 tabl. (Dept. Biol., Zongshan (Sun Yatsen) Univ., Guangzhou (Canton), China).

Clé aux 52 taxons du genre *Fissidens* reconnus en Chine. Taxonomie, descr., ill., affinités, hab., distr. pour chaque taxon. Diagn. de *F. guangdongensis* Iwats. et Li sp. nov. *F. incognitus* Gangulee, *F. intromarginatus* Bartr., *F. involutus* Wils. ex Mitt., *F. robinsonii* Broth. et *F. bryoides* var. *schmidtii* (Thér.) Iwats. et T. Suzuki sont nouv. pour la Chine. *F. esquirolii* Thér. est considéré comme une esp. valable. Lectotypes pour *F. nankingensis* Broth. et Par., *F. obscurirete* Broth. et Par., *F. robinsonii* Broth. et *F. wichurae* Broth. et Fleisch. 5 taxons sont exclus ou considérés comme douteux. Index.

85-321 VAN SLAGEREN M.W. and KRUIJT R.Ch. - A review of the genus *Blepharolejeunea* S. Arn. *In:* S.R. GRADSTEIN, Contributions to a monograph of the Lejeuneaceae subfamily Ptychanthoideae. *Beih. Nova Hedwigia* 1985, 80: 113-154, 13 fig., [redacted] tabl. (Inst. Syst. Bot., Heidelberglaan 2, 3508 TC Utrecht, The Netherlands).

Nouvelle délimitation du genre *Blepharolejeunea* S. Arn. emend. van Slag. et Kruijt, représenté par 5 taxons en Amérique latine: *B. chimataensis* sp. nov., *B. fuegiana* (Besch. et Mass.) Gradst., *B. incongrua* (Lindenb. et Gott.) c.n. (= *Lejeunea*), *B. saccata* (Steph.) c.n. (= *Dicranolejeunea*) et *B. securifolia* (Steph.) Schust. Clé, taxonomie (nouv. syn.), descr., ill., distr. et écol., et différenciation de chaque taxon.

VOIR AUSSI: *85-322, 85-323.*

MORPHOLOGIE, ANATOMIE

VOIR: *85-313* à *85- 321.*

PHYSIOLOGIE, CHIMIE

85-322 THIERS B.M. - Branching in Lejeuneaceae III. Ptychanthoideae. *In:* S.R. GRADSTEIN, Contributions to a monograph of the Lejeuneaceae subfamily Ptychanthoideae. *Beih. Nova Hedwigia* 1985, 80: 31-61, 4 tabl., 9 fig. (New York Bot. Gard., Bronx, NY 10458 USA).

La ramification est un des caractères importants dans la systématique des Lejeuneaceae. Le type de ramification, la position des gynécies, la présence, le nombre et la séquence des innovations, la forme de croissance et le mode de répartition des organes sexuels sont utilisés pour différencier 22 genres chez les Ptychanthoideae.

85-323 GRADSTEIN S.R., MATSUDA R. and ASAKAWA Y. - A chemotaxonomic survey of terpenoids and aromatic compounds in the Lejeuneaceae (Hepaticae). *In:* S.R. GRADSTEIN, Contributions to a monograph of the Lejeuneaceae subfamily Ptychanthoideae. *Beih. Nova Hedwigia* 1985, 80: 63-86, 3 tabl., 1 fig. (Inst. Syst. Bot., Heidelberglaan 2, 3508 TC Utrecht, The Netherlands).

La spectrométrie de masse et la chromatographie en phase gazeuse de 40 esp., combinées aux données bibliographiques, mettent en évidence de larges quantités de sesquiterpénoïdes et/ou de terpénoïdes, mais peu de monoterpènes et de composés aromatiques chez les Ptychanthoideae. Les sesquiterpènes de type striatène et pinguisane sont caractéristiques de cette sous-fam. et des Bryopterideae; les sesquiterpènes de type striatène sont aussi présents chez quelques Lejeuneoideae. La distribution des composés chimiques correspond aux complexes de genres; au niveau spécifique, la variation est importante.

REPARTITION, ECOLOGIE, SOCIOLOGIE

VOIR: *85-313* à *85-321, 85-324, 85-325.*

OUVRAGES GENERAUX

85-324 BRYOFLORA OF XIZANG. Beijing: Science Press, 1985. x + 581 p., 238 fig. (The comprehensive scientific expedition to the Qinghai-Xizang Plateau, Academia Sinica).

17 bryologues ont calloboré à cette flore bryologique du Toit du Monde qu'est le Tibet. Pour chaque taxon: descr., ill., hab., clé aux esp. Important travail en chinois marquant le renouveau de la bryologie chinoise. Index en latin et en chinois de 25 p.

85-325 DÜLL R. - Exkursions-Taschenbuch der wichtigsten Moose Deutschlands. Eine Einführung in die Mooskunde, mit besonderer Berücksichtigung der Biologie und Ökologie der Moose, für die Lupenbestimmung der leicht erkennbaren Arten im Gelände. Rheurdt: IDH-Verlag für Bryol. & Ökol., 1985. 273 p., 70 pl. (Gesamthochschule Duisburg, Fach. Bot., FB 6, D- 4100 Duisburg).

Flore de poche pour les excursions bryologiques, avec clés de détermination, descr. et ill. des esp. Données écol. et conseils pour la récolte et l'étude des bryophytes. Les nécessités d'une flore "souple" et d'un texte le plus complet possible ont entraîné le choix d'une impression en petits caractères.

INDEX DU TOME 6

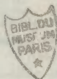
Compilé par D. LAMY

Il ne figure que la première page de l'article dans lequel est cité le taxon. Les nouveautés taxonomiques sont indiquées en italiques. Les taxons cités en synonymie ou comme basionymes sont indiqués par "syn." ou "bas.". Lorsque le numéro de page est suivi d'un nom de région, le taxon est considéré comme nouveau pour celle-ci (ex.: Acaulon triquetrum, 289 Navarre).

BRYOPHYTES

LICHENS

TABLE DU TOME 6



Commission paritaire 15-9-1981 - N° 58611.
Dépôt légal n° 12666 - Imprimerie de Montligeon
Sorti des presses le 20 décembre 1985

SOMMAIRE

